المكتبة الثقافية

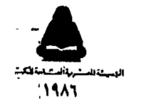
نافذة على الكون

د . إمام ابراهيم أحمد

المكتبة الثقافية

نافذة على الكون

الدكتور إمام إبراهيم أحمد



الهيئة المصرية العامة للكتاب
١٩٨٦

مقـــدمة

بدأ الإنسان يطرق أبواب الكون محاولا الانطلاق في الفضاء كي يلمس بنفسه الحقائق التي عرفها عن طريق دراساته لعجائب محتوياته ، ويكشف الستار عما خفي من ألغاز لم تمكنه وسائله المحدودة من إدراك كنهها .

وقد قنعت الحضارات المتتالية بمراقبة الكون خلال نافذة شبه مغلقة ، أخذت في فتحها شيئاً فشيئاً ، وهي كلما تقدمت في ذلك خطوة تكشف لها من جديد العجائب ما يغريها بالسير خطوات جديدة ، حتى جاءت حضارتنا الحديثة فلم تقنع بالنظر خلال النافذة بل رأت أن تأتي الكون من أبوابه ، وعما قريب ستتمكن من فتحه على مصراعيه ليبدأ ركب البشرية سيره في طريق جديد واضح المعالم .

وإذا وجد أبناؤنا أو أحفادنا طريق الغد ممهداً أمامهم ، فمن واجبهم ألا ينسوا تلك النافذة التي تطلّع خلالها أجدادهم يوما ما ، وجمعوا من المعلومات ما ينير لهم الطريق ويجنبهم متاعبه وأخطاره .

النافذة المقدسة :

إذا رجعنا عبر التاريخ للبحث عن أول نافذة فتحها الإنسان ليطل منها على الكون لا تنتهى بنا المطاف إلى قدماء المصريين والبابليين . وليس معنى هذا أنهم كانوا أول من رصد الأجرام السماوية ولكن حضارتهم هى أقدم حضارة بقيت آثارها حتى اليوم لتحكى لنا بعض ما قاموا به فى هذا المجال . فإذا شئنا أن نتوخى الدقة فى حديثنا لذكرنا أن أول نافذة فتحت منذ بدء الخليقة حينما استهوى منظر السماء الإنسان البدائى فوقف يتطلع إلى جمال الشروق وما يعقبه من نور ودفء ، ثم بدأ يتساءل عن المكان الذى تختفى فيه الشمس من وقت غروبها حتى لحظة شروقها وعن هذه النقط اللامعة التى لا تجرؤ على الظهور فى حضرة الشمس . ولعل ذلك كان سبباً دعاهم إلى تقديسها وعبادتها كما قدسوا الفجر الذى يبشرهم بظهورها .

وكانت نظرة الإنسان إلى الشمس يشوبها الخوف والعجب والإجلال ، فلم يكن يملك من المناظير والأجهزة ما يمكنه من معرفة الحقيقة عن الكون والشمس . فقدماء المصريون كانوا يعتقدون أن الأرض منبسطة وتقع مصر فى وسطها ، وعند

الأركان الأربعة للأرض المنبسطة توجد أربعة جبال شاهقة ترتكز عليها قبة السماء المصنوعة من الحديد . ويتخلل هذه القبة ثقوب تظهر فائدتها عندما يحل الظلام ، إذ تسرع الآلهة الصغيرة بتدلية المصابيح خلالها ، فإذا ما اقترب الفجر سحبتها إلى أعلا ثم يبدأ الإله الأعظم « رع » إله الشمس فى رحلته اليومية .

ولم تكن الشمس وحدها محل التقديس والعبادة فى فجر التاريخ ، بل شاركها فى ذلك القمر والنجوم ، ولعل ذلك من الأسباب التى أدت إلى انتشار التنجيم بين الناس . فما التنجيم إلا تقديس للأجرام السماوية واعتقاد بمقدرتها على التحكم فى حياة الإنسان وشئونه . فوجود الشمس فى برج معين أو ظهور أحد الكواكب عند مولد شخص يحدد مصيره طوال حياته ، فنجد فيها أياماً سعيدة وأخرى لا يجوز فيها عقد الصفقات أو السفر . . . الخ .

وفى الحقيقة يمكننا تقسيم تطور علم الفلك إلى عدة مراحل ، بدأت بمرحلة العبادة ثم تفرع منها طريقان : أحدهما للاستفادة من رصد الأجرام السماوية فى فائدة الإنسان وهى علم الفلك الحقيقى ، بينما اتجه الطريق الآخر نحو التنجيم . ثم تطور علم الفلك من مراقبة بالعين إلى استعمال آلات بدائية ، ثم اختراع

المنظار الفلكى وتطوره إلى أحدث الأجهزة المعروفة لنا .

وبحث العلاقة بين معابد القدماء و بين عبادة الشمس والنجوم موضوع شيق ، تناوله بشىء من التفصيل العالم الإنجليزى « نورمان لوكيار » وخص بالذكر معابد وآثار قدماء المصريين ، وقد وجد أن بعض المعابد يشير جدرانها إلى الجهات الأصلية الأربعة أى إلى اتجاه شروق الشمس وغروبها فى الاعتدالين الربيعى والخريفى ، بينما تشير جدران معابد أخرى إلى شروق الشمس وغروبها عند المنقلبين الصيفى والشتوى ، وهذا الاتجاه الأخير ليس بثابت بل يتغير تبعاً لخط العرض .

ويجدر بنا أن نشير إلى معبد آمون رع كمثال واضح على ما نقول ، إذ يشير محوره الرئيسى إلى اتجاه ٢٦° شمال الغرب ، وذلك اتجاه غروب الشمس فى طيبة عند المنقلب الصيفى ، بينما نجد بالقرب من هذا المعبد تمثالين لأمنحتب الثالث ينظران فى اتجاه شروق الشمس عند المنقلب الشتوى .

ولعل أجمل ما فى الموضوع محاولة « لوكيار » إثبات معرفة قدماء المصريين لبعض الأسس التى نستخدمها فى المناظير الفلكية الحديثة ، واستنتاجه أن المعابد هى مراصد فلكية تعتبر الأولى من نوعها فى التاريخ . فكثير من المعابد تكون محاورها

الرئيسية مفتوحة فى أحد أطرافها ، ويمتد كل محور مخترقاً عدة قاعات مختلفة الأحجام والأشكال وتنتهى فى الطرف الآخر من المحور عند المحراب المقدس . أما المحور نفسه فيحدده عدة فتحات ضيقة تمتد من أول المعبد حتى المحراب المقدس ، وقد يبلغ عددها سبع عشرة أو ثمانية عشر فتحة ، كما هى الحال فى معبد آمون رع . ونتيجة لهذا التصميم يمر شعاع ضيق من ضوء الشمس بطول المعبد لينير المحراب مرة كل سنة عند غروب الشمس يوم المنقلب الصيفى .

وفى مناظيرنا الفلكية الحديثة نجد أنبوبة مغلقة مثبتاً فى أحد طرفيها عدسة وفى الطرف الآخر عينية تنظر خلالها إلى أضواء الأجرام السماوية ، وبين الطرفين نجد عدة حلقات تزداد ضيقا كلما اقتربنا من العينية تماما كفتحات المعبد التى تضيق كلما اقتربنا من المحراب . والفكرة فى ذلك أن يصل الضوء إلى المكان المطلوب نقيا خاليامن شوائب الانعكاسات على الجدران الجانبية.

واستطرد « لوكيار » يفسر أسباب امتداد محور المعبد إلى مسافات طويلة من جهة ، وأسباب الظلام التام الذى يسود المحراب من جهة أخرى . فمن الناحية الفلكية ، كلما امتد شعاع الضوء مخترقاً عدة فتحات ضيقة ازدادت الدقة فى رصد الشمس .

ومن الواضح أنه كلما اشتد الظلام فى المحراب فإن طرف الشعاع المنتهى إليه يكون واضح المعالم ، ويمكن تحديد مكانه على الجدار بشكل سهولة وإلى درجة كبيرة من الدقة . وهذه الأمور من الأهمية بمكان عند رصد الشمس فى أحد المنقلبين ، إذ يحدد مكانها على الجدار لمدة يومين أو ثلاثة حول موعد المنقلب ، ومن ذلك يمكن تعيين وقت المنقلب نفسه .

وكانت هذه إحدى الطرق لتعيين طول السنة الشمسية ، إذ هى الفترة بين منقلبين صيفيين متتاليين . ولعل المصادفة وحدها التى جمعت بين وقت المنقلب الصيفى وبدء فيضان النيل . وهكذا بدأ قدماء المصريين تطبيق علم الفلك لفائدة الإنسان ، بعمل التقاويم وتحديد موعد الفيضان . أما من الناحية الدينية ، فقد وضع الكهنة فى بعض المحاريب المظلمة تمثالا للإله « رع » مولياً ظهره للفتحة التى يدخل منها الضوء ، فتسقط عليه الأشعة مرة كل عام لبضعة ثوان ثم تختفى ، فيخيل للرائى أن « رع » ظهر بنفسه فجأة ثم اختفى .

ولم تقتصر هذه المراصد المقدسة على دراسة الشمس ومتابعتها بل اهتمت أيضا بالنجوم . فهناك مايشير إلى أن قدماء المصريين رسموا خرائط لنجوم السماء على جدران معابدهم . فمن معبد

دندره انتزع علماء الآثار الفرنسيين قطعة حملوها معهم إلى متحف باريس، وعلى هذه القطعة خريطة لمنطقة البروج التي تقطعها الشمس خلال عام . وإذا كنا نرمز إلى المجموعات النجوميه بصور الحيوانات وأبطال الأساطير فقد سبقنا فى ذلك قدماء المصريين وإن كان لهم أبطال يختلفون عمن نعرفهم الآن . ولكن إلى جانب ذلك نجد بعض الصور المشابهة مثل الحمل والثور والحوت والتوأمين والأسد والميزان والسهم .

وفى نفس الخريطة نجد مسار الشمس اليومى مقسما إلى اثنى عشر قسما يمثلها اثنتا عشرة سفينة ، رمزا إلى اتخاذهم طول النهار اثنتى عشرة ساعة ، كما رمزوا الإله «أوزيريس» ليرمز إلى القمر . كما وجد فى معابد أخرى عدة مجموعات نجومية منها مجموعة الجبار التى بقيت كما هى حتى الآن ، ومجموعة الفخذ التى يمثلها الآن الدب الأكبر .

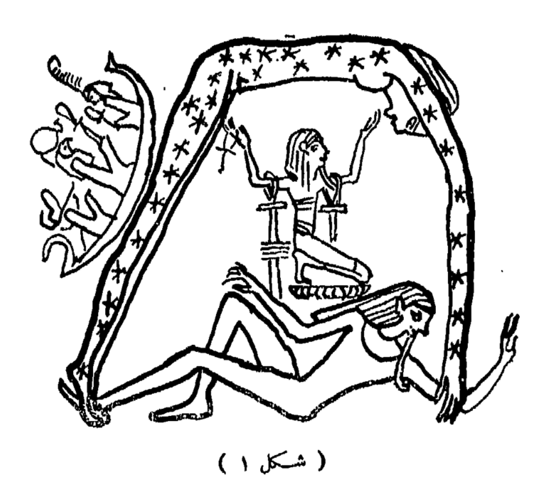
ومن الغرائب التى يذكرها « لوكيار » عن قدماء المصريين أنهم — فى بعض معابدهم — استخدموا مرآة « أو سطحا عاكسا » فى الخارج يحركونه طوال النهار فينعكس ضوء الشمس لينير المعبد بأكمله وهو يؤيد هذه الرواية بالمقابر الموجودة على أعماق كبيرة من سطح الأرض وجدرانها مغطاة بالرسوم

الهيروغليفية ، بينما لا يوجد فيها ما يدل على إضاءتها بإشعال النيران لرؤية ما يكتبونه ، فهي إذن أضيئت بانعكاس أشعة الشمس .

وإذا صح هذا التقدير ، كان المصريون القدماء أول من استعمل نظرية « السليوستات » الحالية ، وهي عبارة عن مرآة تتحرك آلياً لتعكس أشعة الشمس في اتجاه ثابت ، فتسقط دائما على جهاز مثبت لدراستها .

وإذا كان الغرض من بعض المعابد أن يكون بمثابة مراصد للقدماء ، فإن الفضول يدفعنا إلى إلقاء نظرة على الكون وما فيه كما تخيلوه ، ثم البحث عن أي دراسات فلكية صحيحة فالسماء إلهة يطلق عليها اسم « نوت » صوروها على هيئة أنثى تنحنى على الأرض « سِب » وترتكز بقدميها عند طرف الأفق وبأصابع يديها عند الطرف الآخر .

ويمثل الأرض رجل مضطجع ، يفصلها عن السماء إله الهواء والنور « شو » — انظر (شكل ١) — ويصور حركة الشمس اليومية عبر السماء إله في قارب يتحرك من الشرق إلى الغرب . أما الناحية الأسطورية فتذكر أن الأرض « سب » هو زوج السماء « نوت » ، بينما آلهة الشمس والفجر والضوء هم أبناء لهم .



(شكل ١)

وقد ساهم نهر النيل فى تقدم علم الفلك عند قدماء المصريين ، فقد صادف وصول الفيضان إلى هليوبوليس وممفيس وقت المنقلب الصيفى . ونحن نعلم أن الأرض تقطع مسارها حول الشمس فى عام واحد وأنه تبعاً لهذا المسار تكون الشمس عمودية على خط الاستواء فى الاعتدال الربيعى ثم تتحرك لتتعامد على خطوط العرض الشمالية حتى مدار السرطان فى المنقلب الصيفى ، وبعد ذلك ترجع جنوبا فتصل خط الاستواء فى الإعتدال الخريفى ومدار الجدى فى المنقلب الشتوى . فإذا رصدنا نقطة شروق الشمس على الأفق نجدها تتغير من يوم إلى آخر ، فتكون فى اتجاه الشرق تماماً عند الاعتدالين ، بينما تكون أقرب ما يمكن إلى الشمال فى المنقلب الصيفى وإلى الجنوب فى المنقلب الشتوى .

وقد لاحظ قدماء المصريين تغير نقط الشروق ، فاقاموا بعض معابدهم بحيث تكون محاورها الرئيسى فى اتجاه شروق المنقلب الصيفى ، ولعل الفكرة الأولى من هذا العمل الاحتفال بالفيضان بحيث يصل ضوء الشمس إلى المحراب لينيره وقت الفيضان ، ولو انحرف المحور الرئيسى للمعبد عن هذا الاتجاه لحدث أحد أمرين :

١ ــ لا تشرق الشمس عند الإتجاه الجديد فى أى يوم من أيام السنة و بذلك لا تضىء المحراب على الإطلاق .

٢ ــ تشرق الشمس مرتين فى هذا الاتجاه ، مرة وهى فى طريقها إلى المنقلب الصيفى وأخرى وهى عائدة منه ، وبذلك تضىء المحراب يومين كل عام .

ولكن وصول الفيضان قرب المنقلب الصيفى ، وبناء المعابد فى هذا الاتجاه أدى إلى وصول أشعة الشمس إلى المحراب مرة واحدة فقط كل عام ، وبالتالى إذا قيست الفترة بين مرتين متتاليتين أمكن استنتاج طول السنة .

وهكذا عرف قدماء المصريين الحركة الظاهرية للشمس التى هى انعكاس لحركة الأرض حول الشمس فى مسار تقطعه فى عام ، ووضعوا بذلك أساس التقويم فى صورة علمية حتى جاء « يوليوس قيصر » فأخذها عنهم وأدخلها فى الإمبراطورية الرومانية .

وقد قسمت السنة إلى اثنى عشر شهرا يضمها ثلاثة فصول أو مواسم هى موسم الفيضان وموسم الزرع وموسم الحصاد فى كل منها أربعة أشهر ، ونسبوا أول شهر فى العام إلى إله الحكمة « توت » كما اعتبروا كل شهر ثلاثين يوما فى بادىء

الأمر ولكنهم لم يلبثوا بعد بضع سنين أن لاحظوا اختلاف وقت الفيضان بالنسبة لهذه الشهور ، ثم بالملاحظة الدقيقة عرفوا أن طول العام هو ٣٦٥ يوما بدلا من ٣٦٠ .

ولم تقتصر إقامة المعابد الشمسية على مصر ، بل تعداها إلى الحضارات الأخرى في بابل والصين حيث نجد من مخلفات الحضارة الأولى ما يشير إلى توجيه معابدهم نحو شروق الشمس في المنقلب الصيفي ، وفي الصين نحو شروقها في المنقلب الشتوى ، كما نجد بعض المعابد تفتح أبوابها عند الإعتدالين لتستقبل أشعة الشمس عند الشروق أو الغروب مثل معابد القدس وبعلبك وبالميرا .

وكما اهتم القدماء برصد الشمس ، وجهوا عنايتهم كذلك إلى أرصاد النجوم ، فهنالك كثير من المعابد لا تدخلها أشعة الشمس في أى يوم من أيام السنة ، ومعنى ذلك أنها ليست بمعابد شمسية . وكانت المشكلة التي جابهت علماء تاريخ الفلك هي معرفة ما إذا كان الغرض من هذه المجموعة رصد النجوم أو لا ، فلو أن النجوم ثابتة في الكون لهانت المسألة ولكان موضع شروقها في الوقت الحاضر هو نفس الموقع منذ آلاف السنين ، ولما احتاج

الأمر سوى نظرة فى الاتجاه المعين أو بحث فى جداول النجوم لمعرفة ما يشرق منها فى هذا الإتجاه.

ولكن هنالك تغير ضئيل مستمر فى مواقع النجوم فى السماء بحيث إذا أشرق نجم أو غرب عند نقطة معينة من الأفق فإنه بعد بضع مئات من السنين يغير ذلك الموضع تغيرا ملموساً. ومعنى ذلك أنه إذا بنى معبد بحيث يكون محوره فى اتجاه شروق أو غروب نجم معين فإنه بعد فترة من الوقت يستنفد أغراضه وتستحيل رؤية النجم من أقاصى المعبد إلا إذا أعيد بناؤه وعدل اتجاه محوره ليشير إلى الموضع الجديد للشروق أو الغروب.

وتشير الدراسات المستفيضة التى أجريت على بعض المعابد غير الشمسية إلى مجهودات ضخمة بذلها القدماء فى سبيل تغيير اتجاهات محاورها، وفى الحالات القليلة الأخرى التى استحال فيها القيام بهذا العمل بنيت معابد جديدة مجاورة لتغنيهم عن تحويل المحاور القديمة. وإلى جانب ذلك يوجد بعض ازدواجات من المعابد، يشير أحدها إلى اتجاه بضع درجات جنوب الشرق بينما ينحرف الآخر نفس العدد من الدرجات جنوب الغرب. ومعنى ذلك — من الناحية الفلكية — أن الأول منها يرصد شروق نجم معين بينما يرصد الثانى غروب هذا النجم نفسه.

وقد امتد أثر المراصد الدينية من الشرق الأوسط إلى عدة أماكن أخرى حيث بقيت الأفكار الفلكية دون تغيير بينما كان التعديل الأساسى فى التصميم ليناسب الفن المعمارى والظروف السائدة فى تلك الأماكن . وكانت بلاد الإغريق من أهم الأماكن تأثرا بمعابد المصريين حيث استبدلوا الفناء المكشوف والسقف المسطح بفناء مغطى وسطح مائل لكثرة هطول الأمطار فى بلادهم .

نافذة الإسكندرية

فيما بين حضارة قدماء المصريين ومدرسة الإسكندرية بضعة آلاف من السنين لم تذهب هباء منثوراً ، بل تقدمت فيها الأرصاد الفلكية تقدماً محسوساً سواء فى النتائج أو فى الأجهزة ذاتها ، وإنما نذكر حضارة الإسكندرية بالذات لأنها تمثل مرحلة هامة فى تاريخ الفلك نعرف عنها الكثير ، مرحلة ارتبطت بظهور عدد كبير من العلماء المبرزين الذين نهضوا بالأرصاد الفلكية على أساس علمى ، فكان لهم أثر كبير على أعمال العرب بعد ذلك بعشرة قرون ، ولكن من واجبنا أن نشير بإيجاز إلى تطورات الفترة الواقعة بينهم وبين قدماء المصريين ، وإن كانت معلوماتنا عنها غير كاملة .

ففى الهند والصين نجد بعض الوثائق التى ترجع إلى عام ألفين وخمسمائة قبل الميلاد وفيها تسجيل لبعض الأرصاد والمعلومات الفلكية مثل معرفة الزاوية بين مستوى حركة الشمس الظاهرية وبين مستوى خط الإستواء . وحوالى ذلك الوقت كان البابليون يعملون فى المجال الفلكى ويقومون بارصاد

لشروق وغروب كوكب الزهرة مع الشمس ومحاولات لرصد مواقع النجوم .

وفى القرن الخامس قبل الميلاد بدأ اليونانيون مساهمتهم فى تقدم علم الفلك ، فنجد أول أرصاد دقيقة قام بها « ميطون واقطيمون » عام ٤٣٢ ق.م فى أثينا لتعيين أوقات المنقلبين الصيفى والشتوى ، ولكن الآلات التى استخدمت فى هذه الأرصاد غير معروفة لنا ، ولعلها نفس الآلات التى استعملها فلكيو الإسكندرية والعلماء العرب بعدهم فى هذا الغرض نفسه والتى سنشير إليها فى المكان المناسب .

وفى الإسكندرية نجد مجموعة ضخمة من علماء الفلك مثل «أريسطولوس» و«تيموخارس» اللذين كانا أول من رصد مواقع النجوم، أما «إراتو ستينس» فليس فى حاجة إلى تعريف بما اشتهر عنه من رصد ارتفاع الشمس فى الإسكندرية حين تكون عمودية على أسوان واستخراجه من ذلك مقدار محيط الأرض بالإضافة إلى أرصاده على النجوم . ولكن أهم هؤلاء أثراً فى فتح نافذة الأرصاد الفلكية اثنان هما «هيبارخوس» و «بطليموس» بما استحدثاه من أجهزة بالإضافة إلى تشعب أنواع الأرصاد التى قاما بها . فإلى «هيبارخوس» ينسب عمل جداول لمواقع ثمانمائة

وخمسين نجما وقياس حجم القمر وبعده عن الأرض ، كما جمع بطليموس فى جداوله ١٠٢٨ نجما .

وما دمنا قد دخلنا عهد الأرصاد الفلكية البحتة القائمة على أسس علمية ، يجدر بنا أن نشير إلى بعض الأجهزة الفلكية البدائية التى كانت شائعة الاستعمال حينئذ ، وبالرغم من بساطتها استخلصوا منها بعض النتائج الدقيقة الهامة . فمن الأرصاد الرئيسية معرفة ارتفاع أى جرم سماوى فوق الأفق عند وجوده فى أحد الاتجاهات الأصلية ، ومع تنوع أشكال الآلة المستخدمة فى هذا الغرض ، إلا أن الفكرة الأساسية واحدة إذ تحتوى على جزءين رئيسيين — دائرة رأسية مقسمة إلى درجات تقيس الإرتفاع ، ومؤشر مثبت فى مركز الدائرة ويتحرك طرفه على محيطها ، وبتحريك المؤشر حتى يصير فى اتجاه الجرم السماوى ، ثم قراءة التدريج على الدائرة عند طرف المؤشر نعرف الارتفاع المطلوب . وكما أن كل جهاز لايلبث أن يناله التطوير والتحسين ، كذلك تطورت آلة الارتفاع واتخذت أشكالا عديدة فى الأزمنة المختلفة . ففى بداية الأمر كانت الحلقة صغيرة من المعدن أو الخشب ومعلقة بحبل أو أكثر ، ثم احتاج الأمر فيما بعد إلى زيادة الدقة فى الأرصاد ، وذلك يتأتى

بكثرة التدريجات على محيط الحلقة ، وذلك يسهل عمله كلما كبر ذلك المحيط ، ثم تبين للفلكيين بعد ذلك أن تضخيم حجم الحلقة أدى إلى متاعب جديدة ، إذ أنه عند تعليقها استطالت تحت تأثير وزنها فلما استغنوا عن التعليق بتركيزها على سطح الأرض كان لضغط أجزائها بعضها على بعض أثر فى تغير شكلها من دائرة إلى شكل بيضاوى .

والمعروف أن « هيپار خوس » استعمل هذه الآلة فى هيئتها البدائية وإن كان مخترعها غير معروف على وجه التأكيد ، أما بطليموس فقد حاول أن يتحاشى متاعب تكبير الحلقة إذ أشار إلى بناء حائط صغير فى الاتجاه المطلوب، ثم رسم دائرة عليه مثبت فى مركزها مؤشر متحرك يمس سطح الحائط ، ثم جاء علماء العرب فيما بعد فزادوا فى طول الحائط وارتفاعه .

وكما شمل التطوير الحلقة المدرجة فى الآلة ، فإنه تناول أيضا المؤشر حتى اتخذ أشكالا متعددة . فكان فى بادىء الأمر عصا ذات طرفين مدببين ، ثم أضيف إلى كل طرف منها قطعة من المعدن أو الخشب المثقوب حتى يمكن تعيين اتجاه الجرم السماوى بدقة أكبر حين يظهر للراصد خلال الثقبين . ولم تقتصر هيئة المؤشر أو « العضادة » على العصا المستقيمة بل استبدلها بطليموس

بقرص يملأ باطن الحلقة بأكمله ويتحد معها فى المركز وقد حفر عليه قطر ليقوم مقام المؤشر ، ثم استبدل هـذا القطر المحفور فى بعض الآلات بمؤشر يدور حول المركز المشترك .

ثم تعددت الدوائر والتدريجات المرسومة على سطح الآلة ولم تقتصر على تقاسيم الحلقة الخارجية التى تبين ارتفاع الجرم السماوى ، والغرض من التقسيمات الجديدة إعطاء بعض النتائج الفلكية — التى تعتمد غالبا على الإرتفاع — مباشرة دون ما حاجة إلى عمل الحسابات اللازمة لذلك بعد كل رصدة ، وغالبية هذه الدوائر الجديدة ذات صلة بتعيين الوقت أو تحديد مواقيت الصلاة وفى هذه الحالة يكون لكل بلد آلته الخاصة التى نقشت تداريجها طبقا لخط عرض ذلك المكان ، كما جرت العادة على تسجيل طول الظل المرادف لكل ارتفاع على ظهر الآلة وذلك لأهمية طول الظل فى تحديد الوقت .

ويطلق على الآلة فى هيئتها الأخيرة اسم « الأسطرلاب » (انظر شكل رقم ٢) وإن كان البعض يعممونه ليشمل كل جهاز يقيس ارتفاع الأجرام السماوية. وأصل هذه الكلمة غير معروف



(شكل ٢)

على وجه التحديد ، ففى رأى حمزة الاصفهانى(١) أن اللفظ فارسى الأصل ماخوذ عن « شتاره ياب » أى مدرك النجوم ، أما البيرونى(٢) فيذكر أن هذا قد يكون صحيحاً بقدر ما يكون أيضاً معرباً عن اليونانية « أسطرليون » حيث « أسطر » بمعنى النجم ويؤيد هذا الرأى وجود الآلة فى بعض الكتب اليونانية القديمة .

ومن أبسط أنواع الآلات التى استخدمها علماء الإسكندرية حلقة مستديرة لرصد وقت الاعتدال . والطريق إلى ذلك هو أن تنصب الحلقة مائلة على الأفق وتسمل مع خط الشمال والجنوب زاوية تساوى عرض المكان ثم مراقبة ظل الحلقة كل يوم عند الظهيرة ، فإذا وقع ظل النصف المواجه للشمس على باطن النصف الآخر البعيد عنها كان ذلك وقت الاعتدال .

ومن ناحية أخرى نجد آلات معقدة التركيب من بينها الآلة

---

(١) حمزة ابن الحسن الأصفهانى ، فارسى المولد — عاش فى بغداد فى النصف الثانى من القرن العاشر الميلادى وهو مؤرخ ولغوى .

(٢) أبو الريحان محمد بن أحمد البيرونى ولد فى خوارزم عام ٩٧٣ م وتوفى فى غزنة بعد عام ١٠٥٠ م وهو من أبرز علماء العرب خاصة فى الرياضيات والفلك .

التى تسمى بـ « ذات الحلق » . ولكى نعرف معنى هذه الآلة وأهميتها ، يجدر بنا أن نشير أولا إلى مواقع الأجرام السماوية والأساس الذى تنسب إليه ومبدأ قياس هذه المواقع . فالنوع الأول من الأرصاد منسوب إلى دائرة الأفق ، ويحدد موقع الجسم بزاوية ارتفاعه عن هذه الدائرة وزاوية انحرافه عن اتجاه الشمال والجنوب أو الشرق والغرب . وفى النوع الثانى يستخدم خط الاستواء — أو الدائرة المقابلة له فى السماء — ويقاس موضع الجسم بزاوية بعده عنها وزاوية انحرافه عن نقطة معينة على هذه الدائرة(١) . أما النوع الثالث فاساسه دائرة مسار الأرض حول الشمس — بمعنى آخر ، دائرة المسار السنوى الظاهرى للشمس حول الأرض — ويكون الموقع معلوما إذا عرفنا زاوية البعد عن هذه الدائرة وزاوية الانحراف عن النقطة المعينة التى أشرنا إليها .

نعود الآن إلى « ذات الحلق » ، فنجد أنها مركبة من بضع حلقات متحدة فى المركز لتمثل الدوائر المذكورة بالإضافة إلى

---

(١) اتخذ علماء الفلك لذلك نقطة تقاطع هذه الدائرة مع دائرة مسار الأرض حول الشمس . والدائرتان تميلان على بعضهما بحوالى ٢٣½ درجة .

بضع دوائر أخرى أساسية ، وكى يسهل تحريك كل حلقة على حدة ، فقد اختلفت أحجامها حتى لا يحدث بينها احتكاك يعوق حركاتها . والحلقات الأساسية فى هذه الآلة خمس ، أولاها دائرة الأفق ، والثانية توازى مستوى الزوال[1] ، والثالثة الدائرة الكسوفية[2] والرابعة خط الاستواء والأخيرة متعامدة مع الرابعة فتدريجاتها إذن تبين البعد عن دائرة خط الاستواء .

وباجتماع الدوائر الأصلية التى تنسب إليها مواضع الكواكب والنجوم فى السماء — فى آلة واحدة ، أصبح فى مقدور العلماء رصد الموقع فى أى لحظة باستخدام مؤشر أو أكثر فى هذه الحلقات . ويعتبر صنعها فتحا جديداً فى الميدان الفلكى ، لما تمتاز به عن الآلات الأخرى المعروفة قبل ذلك . فمن ناحية ، لا تقتصر أرصادها على اتجاه معين مثل الشمال والجنوب فقط ، بل شملت جميع الاتجاهات . ومن ناحية أخرى ، نجد أن الآلات المستخدمة كانت ترصد الارتفاع عن الأفق والانحراف عن الشمال والجنوب ، بينما هنا يمكننا رصد الموقع بالنسبة إلى دائرة خط الاستواء أو الدائرة الكسوفية بالإضافة إلى الأفق . وقد استخدم بطليموس هذه الآلة فى تعيين الزاوية بين الشمس

(١) المستوى الرأسى المار باتجاهى الشمال والجنوب .

(٢) مسار الأرض حول الشمس .

والقمر حين يكون الاثنان ظاهرين فوق الأفق ، فنى هذه الحالة يمكن تحويل الجهاز من أحدهما إلى الآخر فى لحظات قبل أن تتغير الزاوية بينهما نتيجة لحركة كل منهما فى مساره الخاص.

ولا يفوتنا أن نشير فى ختام هذه الفقرة إلى ما وفرته هذه الآلة من وقت علماء الفلك بإعطائها الموقع منسوباً إلى أى دائرة بدلا من الحسابات المطولة لتحويله من الأفق إلى الدوائر الأخرى.

أمجاد العرب

فتح العرب نافذة الكون إلى أقصى ما تسمح به الإمكانيات المادية والعلمية فى ذلك الوقت . وعلينا أن ناخذ فى الاعتبار تلك الفترة الطويلة التى انقضت بين مدرسة الإسكندرية وبداية الحضارة العربية العلمية ؛ التى تزيد على ستة قرون . ومن ناحية أخرى بدأ العرب حضارتهم بدراسة ألف باء العلم أو — إذا أردنا أن نتوخى الدقة فى التعبير — بترجمة علوم اليونان والفرس والهند قبل البدء فى دراستها .

وقد يعجب المرء لقوم بدأوا بدراسة مبادىء العلوم ثم قفزوا فى فترة وجيزة إلى مرتبة تحدثت عنها الأجيال التالية ، لكن عجبه لا يلبث أن يزول إذا ضربنا له مثلا مما كان يحدث فى تلك الفترة . ففى النصف الثانى من القرن الثامن الميلادى بدأت حركة الترجمة لعلوم الرياضة والفلك تحت إشراف يعقوب بن طارق المتوفى عام ٧٩٦ م وإبراهيم الفزارى المتوفى عام ٧٧٧ م ، ولم يلبث ثانيهما أن صنع أول جهاز اسطرلاب عربى كما كتب كلاهما بضعة مؤلفات فى الفلك والرياضة . وهكذا سارت الترجمة جنباً إلى جنب مع التطبيقات العملية والدراسات النظرية ، وسرعان

ما ظهرت روح التجديد والابتكار التى كان لها أثر بعيد فى تقدم العلوم عند العرب .

ففى عهد الخليفة المامون بن هرون الرشيد أنشئت أكاديمية علمية فى بغداد أطلق عليها اسم « بيت الحكمة » ، وألحقت بها مكتبة ضخمة ومرصد تم بناؤه تحت إشراف سند بن على رئيس الفلكيين حينئذ ،وذلك بالإضافة إلى مرصد آخر فى سهل تدمر بالعراق ، وعززت هذه المراصد بأجهزة فلكية شبيهة بآلات اليونان والفرس والهند وإن فاقتها فى الدقة . وقام نخبة من العلماء العرب بصناعة هذه الأجهزة وعلى رأسهم على بن عيسى الأسطرلابى الذى برع فى صناعة آلة الاسطرلاب فاشتهر بذلك الإسم ، وأبو على يحي بن أبى منصور الذى زاد فى دقة الأجهزة بزيادة تدريجات مقاييسها فقسم كل درجة إلى ستة أجزاء حتى تكون القيمة أقرب ما يمكن إلى الحقيقة .

ولم يكتف المامون بمرصدى العراق ، بل أمر خالد بن عبد الملك المرورروذى أن يرصد بدمشق فبنى على جبل دير مران حائطاً طول ضلعه عشرة أذرع ، وعمل عليه ربع دائرة من الرخام ، ثم جعل ربع الدائرة محفوراً كى تجرى فيه قطعة

صغيرة مثقوبة فيعين موقع الشمس بالنظر خلال هذا الثقب على امتداد وتد ثبته فى مركز ربع الدائرة .

وكان كل عالم يأتى فيصنع لنفسه ربع دائرة خاصاً به ، أو حلقة كاملة حسبما تقتضى الظروف . فحينما أراد البيرونى رصد الاعتدال الخريفى بغزنة ، صنع لذلك ربع دائرة قطرها تسعة أذرع ، بينما صنع فى الجرجانية ربع دائرة قطرها ستة أذرع وقسم محيطها إلى دقائق وذلك لقياس ارتفاع الشمس فى المنقلب الصيفى وإيجاد عرض المكان . أما سليمان بن عصمة السمرقندى فقد رصد عرض بلخ مستخدماً لبنة ذات عضادة قطرها ثمانية أذرع .

وكما استخدمت أحجام مختلفة من أرباع الدوائر ، كذلك كانت الحال فى الحلقات وإن كانت صغيرة الحجم بوجه عام حتى لا يتغير شكلها الدائرى نتيجة لكبر حجمها وزيادة وزنها . ومن أصغر أنواعها ما رصد به أبو الحسين عبد الرحمن الصوفى أيام عضد الدولة بحلقة قطرها ذراعان ونصف أى خمسة أشبار وكل جزء فى أقسام محيطها يساوى خمس دقائق ، وبالمثل حلقة أبى حامد الصغانى التى يبلغ قطرها ستة أشبار والتى استخدمها فى بركة زلزل غربى بغداد . وقد أطلق على بعض هذه

الحلقات أسماء خاصة مثل الحلقة العضدية التى استعملها الصوفى لإيجاد عرض شيراز ، والحلقة الشاهية التى رصد بها البيرونى عرض الجرجانية ، والحلقة اليمينية التى رصد بها عرض غزنة وهذه أهمها جميعاً إذ أن كل جزء فى محيطها يساوى $\frac{1}{8}$ دقيقة فقط .

ننتقل الآن إلى التجديدات والابتكارات التى توصل إليها العرب فى صنع الآلات الفلكية بالإضافة إلى التحسينات التى أشرنا إليها فيما سبق . وعلى رأس الآلات المبتكرة تلك التى أقيمت على جبل طبرك بجوار بلدة الرىّ بالعراق فى أواخر القرن العاشر الميلادى . فقد أمر فخر الدولة العالم الفلكى أبا محمود حامد بن الخضر الخجندى « المتوفى عام ١٠٠٠ م » بعمل أرصاد دقيقة لتعيين وقت الانقلابين ، فاقام فوق ذلك الجبل حائطين متوازيين فى اتجاه الشمال والجنوب وبينهما مسافة سبعة أذرع « أى حوالى ثلاثة أمتار » وارتفاعهما يقرب من أربعين ذراعا « ستة عشر مترا » وعمل فى وسط السقف فتحة مستديرة قطرها شبر واحد وبذلك تصل أشعة الشمس إلى الأرض بين الحائطين كل يوم عند الظهر وتتوسط المسافة بين الحائطين فى لحظة الزوال تماماً أى عند عبورها خط الشمال

والجنوب حين تبلغ أقصى ارتفاعاتها فى ذلك اليوم . ولقياس زاوية الارتفاع لم يترك الأرض مستوية ، بل هياها على شكل جزء من محيط دائرة مركزها هو مركز الفتحة المستديرة فى السقف ، ثم فرش هذا الجزء المنحنى بالواح من الخشب وقسمه إلى درجات ثم قسم الدرجات إلى دقائق وأخيراً قسم كل دقيقة إلى ستة أجزاء . وقد ساعده على ذلك كبر المحيط فصار فى إمكانه قراءة الارتفاع حتى سدس دقيقة ثم تقدير ما بين ذلك .

ولما كانت صورة الفتحة التى ترسمها أشعة الشمس قريبة من قرص مستدير يحتاج الأمر إلى معرفة مركزه ، فقد صنع لذلك حلقة فى حجم القرص وفيها قطران متقاطعان يحددان مركزها وبوضعها على صورة الفتحة يتعين المركز فى الحال . ولما كان جزء المحيط المدرّج المكسوّ بالواح الخشب هو سدس المحيط فقط ، فقد أطلق على هذه الآلة اسم السدس الفخرى نسبة إلى فخر الدولة .

وهذه الآلة قريبة الشبه بالمنظار الزوالى الحديث ، الذى يرصد وقت عبور الأجرام السماوية خط الشمال والجنوب . ففيه نجد فكرة الحائطين المتوازيين يظللهما سقف متحرك وبينهما منظار يتحرك فى مستوى الزوال فقط ليرصد وقت العبور . كما نجد

فكرة الحلقة ذات القطرين على هيئة خيطين رفيعين من خيوط العنكبوت مثبتين فى عينية المنظار .

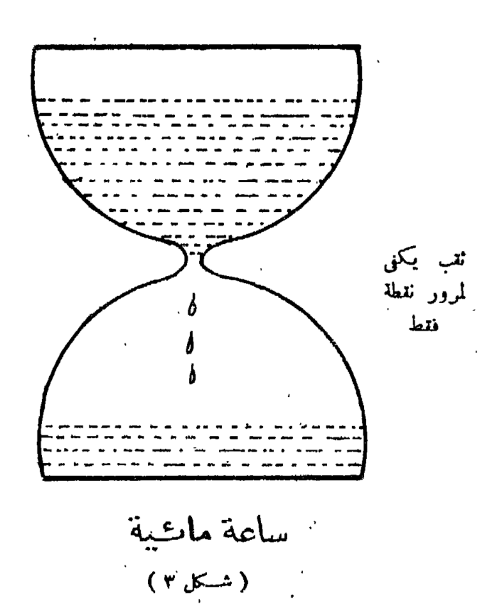
وإذا كان هذا السدس الفخرى قد فاق كل ما عمل قبله من آلات دقة ، وحجما ، فلن يحجب ذلك ما صنع قبله بحوالى ست سنين ، إذ بنى أبو سهل الكوهى (المتوفى عام ٩٨٨) بأمر شرف الدولة بيتاً فى بغداد وجعل أرضه قطعة كرة نصف قطرها خمسة وعشرون شبرا «خمسة أمتار » ومركز هذه الكرة فتحة صغيرة فى سقف البيت يدخل منها شعاع الشمس ويرسم المدارات اليومية بما فى ذلك ما قبل الزوال وبعده .

وقد صنع العرب عددا آخر من الآلات استخدمت فى حالات خاصة ، ومنها « البربخ » الذى كان الغرض الرئيسى منه رؤية الهلال أول الشهر العربى . ولو أنهم زودوا هذه الآلة بالعدسات لكانوا أول من اكتشف التلسكوب ولعرفوا كثيرا من أسرار هذا الكون . ويتكون البربخ من أنبوبة اسطوانية مجوفة طولها خمسة أذرع وقطر فتحتها ذراع واحد، وقد طلى جوفها باللون الأسود لمنع انعكاسات الضوء داخلها « تماما كما نفعل فى أنبوبة المنظار الفلكى » . والأنبوبة مركبة فى قائم رأسى يمكن إدارته حول نفسه ، أما مركز هذا القائم فهو مركز دائرة مخطوطة على

الأرض ومقسمة بتداريج الزوايا لتحدد الزاوية الأفقية بين خط الشمال والجنوب وبين الجسم المراد رصده . أما الزاوية الرأسية أو زاوية الارتفاع فيعينها دائرة رأسية مدرجة ومثبت مركزها عند نقطة اتصال الأنبوبة بالقائم . وهكذا تتحرك الأنبوبة فى مستوى رأسى ويحدد وضعها الدائرة الرأسية ، كما تتحرك « هى والقائم معا » فى المستوى الأفقى ويحدد ذلك الوضع الدائرة الأرضية .

ولما كانت مواقع القمر فى السماء معلومة عن طريق الحسابات ، فقد كانوا يستخرجون الموقع وقت الرصد من الجداول « الزاوية الأفقية والزاوية الرأسية » ثم ينصبون البرج على هاتين الزاويتين وبذلك تشير الأنبوبة إلى القمر مباشرة فينظرون خلالها للتأكد من رؤية الهلال ، ويساعدهم على ذلك سواد جوف الأنبوبة الذى يمنع ضوء النهار من أن يطغى على نور الهلال الخافت .

وكان لتعيين الوقت أهمية خاصة عند العرب بعد انتشار الإسلام وحاجتهم إلى وسائل سهلة سريعة لمعرفة أوقات الصلاة دون الاعتماد على الأرصاد الفلكية وما يعقبها من حسابات مطولة ، وقد اعتمدوا فى ذلك على عدة وسائل كالساعات الرملية والمائية



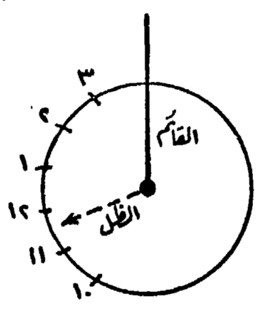
ساعة مائية

(شكل ٣)

والمزاول . وتتكون الساعات المائية والرملية من إناءين على هيئة نصفى كرة يتصلان عن طريق اختناق ضيق للغاية يسمح للماء أو الرمل بالسقوط من الإناء العلوى إلى السفلى بكميات صغيرة منتظمة ، وبذلك تحدد كمية المساء أو الرمل التى نفذت إلى الإناء السفلى المدة التى انقضت منذ لحظة معينة « ولتكن شروق الشمس مثلا » . (أنظر الشكل رقم ٣) وقد بلغ من براعة العرب فى صنع هذه الآلات أن أهدى هرون الرشيد عام ٨٠٧م ساعة مائية فاخرة إلى الملك شارلمان .

أما المزاول فتعتمد على حركة الشمس اليومية التى ترسم دائرة فى السماء يقع جزء منها فوق الأفق ويقع باقيها تحته . ومعنى ذلك — إذا فرضنا انتظام سيرها — أنها تتحرك كل ساعة زاوية قدرها خمس عشرة درجة . فإذا أقمنا عمودا رأسياً على الأرض، أمكننا بطريقة الحسابات أن نعرف الزوايا التى يتحركها ظله كل ساعة إبتداء من لحظة معينة « الظهر » وبذلك يمكن رسم هذه الإتجاهات حتى إذا وجدنا الظل واقعا على أحدها عرفنا الفترة التى مرت منذ تلك اللحظة أو الباقية إليها . وقد تعددت أنواع المزاول ، فنها ما يكون القائم عمودياً على الأرض ، ومنها ما يكون عمودياً على حائط رأسى ، ومنها ما يكون مائلا على

أحدهما بزاوية معينة . وحتى يكون للمزولة شكل مقبول ، فقد رسمت دائرة (على الأرض أو الحائط) مركزها هو نقطة ارتكاز القائم ، ووضعت على محيطها أرقام تحدد الوقت كلما أشار الظل إليها — تماماً كنظرية الساعات الحديثة حيث عقرب الساعات بديل الظل المتحرك (انظر الشكل رقم ٤) .



مزولة

(شكل ٤)

وبهذه الآلات البدائية تابع القدماء حركات الشمس والقمر والكواكب ، ورصدوا مواقع النجوم إلى درجة كبيرة من الدقة إذا أخذنا فى الاعتبار نوع الآلات المستعملة وكفاءتها .

ويجدر بنا قبل أن نفتح النافذة على مصراعيها ، أن نلم إلمامة سريعة بمشاهدات القدماء وتفسيراتهم لما رأوه فى السماء .

عبر النافذة

ماذا رأى قدماء المصريين واليونان والفرس والهند والعرب من عجائب السماء ؟ وكيف كانت نظرتهم إلى الكون وما فيه ؟

أشرنا فى حديثنا عن قدماء المصريين ونافذتهم المقدسة إلى تخيلهم أن الأرض منبسطة وتقع مصر فى وسطها ، بينما توجد عند الأركان الأربعة للأرض أربعة جبال شاهقة تحمل قبة السماء المصنوعة من الحديد . ويتخلل هذه القبة عدد كبير من الثقوب تظهر فائدتها عندما يحل الظلام ؛ إذ تسرع الآلهة الصغيرة بتدلية المصابيح خلالها فإذا ما اقترب الفجر سحبتها إلى أعلا ، ثم يبدأ الإله الأعظم « رع » إله الشمس فى رحلته اليومية حول الأرض .

وكما امتلأت السماء بالآلهة فقد اعتبروها — السماء — كوحدة واحدة إلهة أطلقوا عليها اسم « نوت » صوروها على هيئة أنثى تنحني على الأرض « سِب » وترتكز بقدميها عند طرف الأفق وبأصابع يديها عند الطرف الآخر . ويمثل الأرض رجل مضطجع ، بينما يفصلها — الأرض — عن السماء

إله الهواء والنور « شو » . وإله الأرض « سب » هو زوج إلهة السماء « نوت» بينما أبناؤهم آلهة الشمس والفجر والنور .

نعم . . . لقد كانت فكرة الإنسان فى قديم الزمان عن الكون تتسم بالغرابة . فعلى سبيل المثال تلك الأفكار التى نبتت بين سكان الجزر . لقد شاهدوا الشمس وهى تشرق كل صباح خارجة من الماء ثم تعود إليه كل مساء لتختفى فى المحيط . لقد كانت الشمس فى رأيهم تغوص فعلا فى الماء عندما يحل الظلام ثم تبدأ فى السباحة تحت الأرض متجهة نحو المشرق لتخرج من الماء ثانية فى صباح اليوم التالى .

ولما كان عالمهم هو تلك الجزيرة التى يعيشون فيها والتى يحيط بها الماء من كل جانب ، فمن الطبيعى أن يعتقدوا أن الأرض طافية على سطح الماء على هيئة قرص مستدير كقرص الشمس أو القمر وتنبعث منها جذور تمتد إلى أعماق المحيط ، وخلال هذه الجذور تمتص الأرض من الماء قوة حافظة لها باعتبار أن هذا الماء الكونى هو مصدر الحياة والقوة لكل شىء .

وكان قساوسة الهند يتخيلون الأرض مرتكزة على اثنى عشر عموداً ضخماً كما يرتكز سطح المنضدة على قوائمها . وتمر الشمس فوق السطح المستوى نهاراً ثم تهبط ليلا تحت

المنضدة سالكة طريقها بين الأعمدة . وفى بعض الأوقات كان الهندوس يعتقدون أن للأرض أربعة أساسات بعضها فوق بعض وفى أسفلها يلتف أفعوان عالمى عائم فى المياه الكونية . وفوق الأفعوان تقف سلحفاة ضخمة يرتكز على سطحها أربعة أفيال تتعاون فيما بينها لإسناد الكرة الأرضية .

وكان الأساس الذى ترتكز عليه الأرض فى الفضاء مصدر اهتمام القدماء وتخميناتهم ، فكان الرأى السائد بين ذوى الفكر أن المياه الأبدية هى التى تحملها . ولما جاء «إمبيدوكليس» الشاعر الإغريقى وعالم الطبيعة فى القرن الخامس قبل الميلاد — وهو الذى قسم العناصر إلى أربعة هى النار والهواء والماء والتراب — أعلن أن الأرض تقف فى الفضاء تحت تأثير رياح دوامية هائلة . وهذه الرياح فى دورانها المستمر حول الأرض تصد الأجرام السماوية فلا تهوى إلى الأرض وتدمرها ، كما أنها هى السبب فى حركات الأجرام السماوية إذ تدفعها لتدور حول السماء .

أما « أناكساجوراس » المعاصر لـ «إمبيدوكليس» فكان يرى أن هذه الدوامات من الرياح حطمت أجزاء صغيرة من الأرض وقذفت بها نحو السماء على هيئة نجوم تضىء نتيجة للإحتكاك الناشىء بينها و بين الرياح .

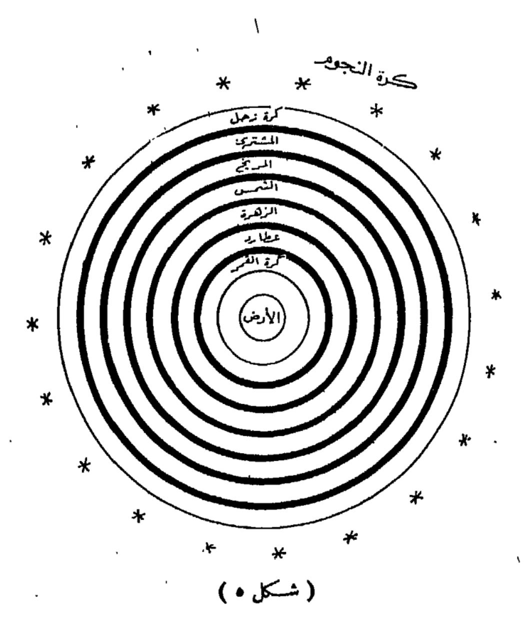
وجاء الفيلسوف الإغريقي « فيثاغورس» وأتباعه بنظرية مثيرة عن الكون ؛ مضمونها أن الفترات بين النغمات الموسيقية تعادل تماماً المسافات بين الكواكب . فالكواكب الخمسة والشمس والقمر تؤلف سلماً موسيقياً كاملا . ولكل جسم سماوى نغمة موسيقية خاصة به ، وحين تسير هذه الأجسام فى مساراتها تتآلف نغماتها لتعطى موسيقى جميلة لا دنيوية .

وظل الإعتقاد سائداً لقرون طويلة بأن الأرض هى مركز الكون ، حيث إن كل الأجرام السماوية الأخرى تدور حولها . ومن ناحية أخرى كان الإنسان يعتبر نفسه أهم المخلوقات فى الكون ، وبما أن الأرض هى مأواه ؛ لذا كانت الأرض محط أنظار الآلهة باعتبارها المركز الرئيسى .

وكان نظام الكون المتفق عليه أيام حضارات الهند والفرس والإغريق والعرب يتلخص فى تقسيم الفضاء إلى ثمانى طبقات تحيط بالأرض ، يختص كل كوكب من الكواكب الخمسة المعروفة[1] حينئذ بطبقة منها ، ثم لكل من الشمس والقمر طبقة خاصة ، وأخيراً تحتل النجوم الطبقة الثامنة (أنظر الشكل رقم ٥).

---

(١) عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل .


كرة النجوم
كرة زحل
المشتري
المريخ
الشمس
الزهرة
عطارد
كرة القمر
الأرض

(شكل ٥)

وكان ترتيبها حسب بعدها عن الأرض هو القمر ثم عطارد ثم الزهرة ثم الشمس فالمريخ والمشترى وزحل وفى النهاية عالم النجوم

ويعتبر هذا النظام الذى ابتدعه « بطليموس » خطوة هامة نحو تقدم علم الفلك ، فقد ساعد على التنبؤ بحركات الكواكب فى السماء فقبله الفلكيون بصدر رحب . وكان العالم الإغريقى « أرسطاليس » قبل ذلك بمائة عام قد قسم السماء المحيطة بالأرض إلى ثمانى سموات مصمتة شفافة مثبت فى كل منها كوكب من الكواكب ، وتدور كل سماء منها بأكملها حول الأرض حاملة معها الكوكب الخاص بها .

وكان شكل الأرض وموقعها وحركاتها مثار جدل عنيف بين العلماء فى تلك العصور . فالأرض التى ظلت منبسطة آلاف السنين ، جاء بعض مفكرى الإغريق ليقولوا إنها كروية ، ولكنهم لم ينجحوا فى نشر هذا الاعتقاد بين سائر الفلكيين حتى القرن الثالث أو الثانى قبل الميلاد . ولم يسلم موقع الأرض فى مركز العالم من النقد والمعارضة نتيجة للدراسات المستفيضة التى أجريت على حركة الشمس فى السماء طوال العام ، فقد لوحظ فى هذا الشأن أمران على جانب كبير من الأهمية .

أولهما : أن حركة الشمس غير منتظمة فهي تسرع أحياناً وتبطىء أحياناً أخرى .

ثانيهما : أن حجم قرص الشمس يتغـــير تغيراً طفيفاً بصفة دورية .

فأوحى ذلك إلى علماء اليونان والعرب بنقل الأرض إلى نقطة أخرى مجاورة لها .

وبالمثل إذا نظرنا إلى دوران الأرض حول محورها نجد في القرن الخامس قبل الميلاد من نادى بذلك – وإن لم نجد نظريته قبولا في الأوساط الفلكية . وظل الاعتقاد سائداً بأن الأرض ساكنة ، وأن الحركة اليومية التي نشاهدها للكواكب والنجوم والشمس والقمر هي حركة حقيقية ، حتى القرن الخامس عشر بعد الميلاد .

ولا يفوتنا في هذا المجال أن نشير إلى تطور أفكار علماء الفلك عن الأرض والسماء قبل أن يأتي « جاليلينو » في أوائل القرن السابع عشر ، ويفتح بمنظاره الفلكي ، نافذة جديدة نرى منهـا الكون من زاوية جديدة . وسنتناول عالمين سبقا « جاليليو » ببضع سنوات لنرى كيف كان يفكر علماء ذلك العصر ثم نتعرف بعد ذلك على المجالات التي فتحها المنظار الفلكي .

كوبرنيكوس : ولد « نيكولاس كوبرنيكوس » عام ١٤٧٣ فى إحدى مدن بولندا وشب فى طوق الكنيسة حتى أصبح عضوا فى مجلس الكنيسة . وفى تلك الأيام كان الأفراد الذين يخدمون الكنيسة يكوّنون طبقة خاصة تختلف عن طبقة الشعب ، يكاد التعليم يكون مقصورا عليهم حتى يمكنهم القيام بمراسم الصلاة طبقاً للكتب الدينية . وعلى ذلك فأى شخص يودّ دراسة العلوم عليه أولا أن يصبح من رجال الكنيسة ، وذلك هو ما عمله « كوبرنيكوس » الذى ساعده على ذلك عمه الأسقف الذى بعث به إلى إيطاليا حيث درس الدين والطب والهندسة . وقد استغل براعته كمهندس خلال الحروب التى نشبت بين بلاده وبين ألمانيا ، فقد قام بتقوية الحصون وقاد بنفسه بعض القوات التى دافعت عنها . أما معلوماته الطبية فقد وضعها فى خدمة الفقراء يعالجهم دون مقابل .

وكانت الأمسيات والليالى أوقات فراغ بالنسبة إليه ؛ فوهبها لعلم الفلك الذى يهواه أكثر من غيره فكان يرتقى السور المحيط بالكنيسة كل ليلة سواء فى الصيف القائظ أو الشتاء القارس ، ليقوم برصد النجوم والكواكب. وبعد سنين طويلة من هذه الأرصاد ثبت لديه أن نظرية « بطليموس» عن الكون

كانت خاطئة فيما عدا نقطة واحدة ، هى أن القمر يدور حول الأرض . أما عطارد والزهرة والمريخ وباقى الكواكب فإنها تدور حول الشمس لا الأرض ، بل إن الأرض نفسها لا تختلف عنهم فى ذلك إذ تدور أيضا حول الشمس . وهكذا حطم « كوبر نيكوس » النظريات السابقة التى تدعى أن الأرض ثابتة فى مكانها وأنها هى مركز العالم .

كما كان « كوبر نيكوس » على صواب حين اعتبر النجوم طائفة منفصلة تماماً عن المجموعة الشمسية ، كما أنه خمن أن المسافة من الأرض إلى الشمس لا تعتبر شيئا مذكوراً إذا قورنت بأبعاد النجوم . أما حركة النجوم حول الأرض فهى حركة ظاهرية يمكن تفسيرها بدوران الأرض حول محورها مرة كل يوم ، وذلك الدوران يفسر أيضا الحركة الظاهرية اليومية للشمس والكواكب حول الأرض .

وحين توصل « كوبرنيكوس » إلى هذه النتائج الخطيرة كان قد بلغ سن الأربعين ، وظل محتفظاً باكتشافاته خوفاً من غضب رجال الدين ، ولم يبح بها إلا لفئة قليلة من أخلص أصدقائه المقربين . وقبيل وفاته قرر أن يعلن كتاباته ، وخاصة بعد إلحاح

شديد من أصدقائه ، فظهر كتابه عام ١٥٤٣ أى فى العام الذى مات فيه .

ولم تدرك سلطات الكنيسة أهمية هذا الكتاب لأول وهلة ، إذ كان مكتوباً بأسلوب يعز فهمه على رجال الدين . وهكذ قرأه الكثيرون وانتشرت النظرية الجديدة فى خفاء فى أنحاء أوروبا. ولكن حين عرف رجال الكنيسة مغزى هذه النظرية بدأوا يحاربونها ، إذ كانت تتعارض مع تعاليمهم بان الأرض مركز الكون،وأن الشمس والقمر والنجوم وجدت خصيصاً من أجل الإنسان . . . ولكن كانت جذور النظرية الجديدة قد بدأت تنفذ إلى الأعماق .

برونو : ولد «جوردانو برونو» عام١٥٤٨ فى إحدى مدن إيطاليا ، ولما كان يتيما فقد نشأ فى أحد الأديرة وتلقى تعليما دينيا تحت إشراف الدومينيكان أقوى طائفة رهبانية فى ذلك الوقت. ولما أظهر تفوقا ونبوغا ضموه إلى طائفتهم ثم ما لبثوا أن نصبوه قسيساً .

وذات يوم حين كان ينقب فى أرفف الكتب فى الدير ، عثر على كتاب كادت الجرذان أن تمزقه . . . وهو كتاب « كوبرنيكوس » عن حركات الأجرام السماوية . وقام بدراسته

سراً فى صومعته ، فأدهشه وضوح النظرية الجديدة وبساطتها ، فلم يتمالك نفسه من الحديث عن إعجابه إلى أحد الرهبان الذى أبلغ الأمر إلى رؤساء الطائفة ، وهدده هؤلاء بأشد العقاب ، فاضطر إلى الهرب من وطنه عبر الجبال إلى سويسرا .

وأخذ ينشر تعاليم «كوبرنيكوس» بعد أن درسها جيداً وقام بتطويرها إلى ما هو أفضل . ومن بين استحداثاته أن الشمس أيضا تدور حول محورها كالأرض وهو ماثبتت صحته بعد عدة قرون ، كما أعلن وجود كواكب كثيرة حول الشمس . وبعد وفاة برونو تم اكتشاف الكواكب يورانوس ثم نبتون وبلوتو وأخيراً آلاف الكويكبات الصغيرة .

ومن الجديد أيضا أنه أعلن أن كل نجم ما هو إلا شمس تضارع شمسنا ، ويدور حوله عدد من الكواكب التى لا يمكننا رؤيتها بسبب بعدها الشاسع . فكل نجم إذن مركز لمجموعة شمسية كمجموعتنا ، وعدد هذه المجموعات لانهائى . أما أكثر أفكاره جرأة فهى أن هذه المجموعات تتغير باستمرار وأنها ذات بداية ونهاية ، بينما كان القساوسة والرهبان يعلنون أن الكون دائم لا يتغير ولا ينتهى .

ونتيجة لذلك اعتبرته الكنيسة عدوها الأول ، وحرضت

السلطات فى سويسرا على طرده من البلاد ، ثم ظلت تطارده فى كل مكان يحل به . ومن ناحية أخرى كان تجواله المستمر عاملا هاماً ساعده على نشر تعاليمه وآرائه فى بقعة شاسعة من أوروبا .

وذات يوم أرسل أحد أغنياء إيطاليا إليه رسالة أبدى فيها إعجابه بكتب « برونو » وعرض عليه أن يصبح تلميذه يتلقى العلم على يديه كما أغراه بمكافأة يسيل لها اللعاب . ولما كان فى عودته إلى إيطاليا خطر ماحق ، فقد أكد له الثرى الإيطالى أنه بنفوده سيحميه من كل أعدائه .. وهكذا وقع « برونو » فى الفخ ، وتم القبض عليه وإيداعه السجن حيث قضى ثمانى سنوات .

وكانت الكنيسة تعلم تماماً المنزلة التى وصل إليها « برونو » فى أوروبا ، ولذلك استبدلت الإعدام بالسجن على أمل أن تستطيع إرغامه على تغيير آرائه فيكون فى ذلك أكبر نصر لها. ولما وجد رجال الكنيسة أن التهديد والتعذيب المستمر لم يثمرا معه ، قرروا إعدامه حرقاً . . . وتم ذلك فى روما عام ١٦٠٠ ، ولكن بعد ٢٨٩ عاما من ذلك التاريخ أقيم له تمثال فى نفس الميدان الذى أحرق فيه .

المنظار الفلكي

فتح المنظار الفلكي نافذة السماء على مصراعيها أمام الفلكيين ، فبعد أن كانت دراساتهم للأجرام السماوية محدودة بالعين المجردة ، جاءت تلك الآلة السحرية لتكشف لهم عن تفاصيل الأجرام القريبة وتظهر لهم ما كان بعيداً أو خافياً .

وقصة اختراع المنظار غير معروفة على وجه التحديد ، ولكن الشيء المؤكد أن الناس منذ عهد بعيد كانوا يستخدمون النظارات الطبية أو العدسات للتغلب على قصر النظر أو طوله وتحكى إحدى الروايات أن رجلا كان يقوم بصنع نوعين من العدسات ، إحداها محدب « أى منبعج إلى الخارج » والآخر مقعر « إلى الداخل » وفى يوم أخذ ابنه يلعب بعدستين منهما ، يضع إحداها أمام عينه ثم يضع الأخرى ثم يضعهما معاً ويحركهما إلى أن تصادف فى أحد الأوضاع أن شاهد أحد المبانى البعيدة كأنما قد انتقل فجأة إلى مسافة قريبة ، ولما أنبأ والده بما حدث عمد هذا إلى وضع العدستين داخل أنبوبة طويلة وبذلك صنع أول منظار فى التاريخ .

هذه هى القصة كما ترويها بعض المصادر ، ولكن الأمر الذى يهمنا فى هذا الشأن هو أن أول منظار ظهر فى أوربا عام ١٦٠٥ وأن أول رجل وجه هذا المنظار نحو السماء هو « جاليليو جاليلى » عالم الفلك الإيطالى ، وفى تلك اللحظة بدأ الكون يكشف أسراره ، كما ثبت صحة نظام كوبرنيكوس وبرونو .

ولد « جاليليو » فى ١٨ فبراير ١٥٦٤ وألحقه والده بالجامعة فى سن السابعة عشرة لدراسة الطب ولكنه افتتن بالعلوم الرياضية والطبيعية . وكانت أبحاثه المتنوعة فى الرياضيات عاملا ساعد على تعيينه أستاذاً للرياضة والفلك فى نفس الجامعة بمرتب يوازى خمسين قرشا فى الأسبوع ! !

وهكذا ، عاصر « جاليليو » العالمين « كوبر نيكوس وبرونو » ودرس آراءهما المتطورة فى شكل السماء . ولما تم اختراع المنظار فى هولندا كان أول من استخدمه لدراسة الأجرام السماوية ، فشاهد ما أكد لديه صحة هذه النظريات . . . شاهد القمر فوجده عالما آخر شبيها بالأرض فى جبالها ووديانها وسهولها ، كما رأى الزهرة فى شكل هلال شبيه بأوجه القمر . ولكن أكثر الأرصاد إثارة هو رصده لكوكب المشترى عام

١٦١٠ حيث ظهر له على هيئة قرص تحيط به أربع نقط صغيرة مضيئة . وبمتابعة الأرصادليلة بعد أخرى ، رأى أن النقطالأربع تصاحب الكوكب فى حركته فى السماء وفى نفس الوقت تدور حوله . وبذلك ثبت لديه أن هنالك عالمـا ثالثاهو المشترى يدور حوله أربعة أقار على الأقل .

أحدث ذلك الاكتشاف ضجةفى دنيا العلوم،وقوبل بمعارضة شديدة من الكثيرين من رجال العلم والدين . ومما يتذكر عن أحد الأساقفة قوله فى هذا الصدد :

« إن الأسبوع يحتوى على سبعة أيام ، وفى رأس كل رجل سبع فتحات هى العينان والأذنان وفتحتا الأنف وفتحة الفم ، وفى السماء سبعة كواكب هى القمر والمريخ والمشترى وعطارد والزهرة والشمس وزحل — فاكتشاف « جاليليو » لأربعة كواكب أخرى أمر مستحيل » .

ولم يسكت « جاليليو » بعد هذه الاكتشافات ، بل ألف كتابا أيد فيه نظام « كوبرنيكوس » . . ولكن فى شيءمن الحذر . ومع ذلك أحس رجال الكنيسة بالقلق ، فاصدر البابا مرسوما ينذر فيه بأشدالعقوبات لمن يطبع أو يمتلك أو يقرأ أى كتاب فيه تأييد لنظرية « كوبر نيكوس » .

وفى عام ١٦٣٢ نشر كتابا آخر أيد فيه النظرية ، فأثار ذلك غضب رجال الكنيسة الذين أرسلوه إلى روما لمحاكمته ، وتحت تأثير التهديد بالتعذيب تراجع «جاليليو» عن تأييد «كوبرنيكوس» وأعلن ذلك أمام جمهرة كبيرة فى الكنيسة . ولكن ذلك لم يخلصه من قبضة رجال الدين ، فقد ظل سجينا لا يتحدث إلى أحد عن آرائه الفلكية حتى توفى فى ٨ يناير ١٦٤٢ .

واسم التلسكوب مشتق من كلمتين اغريقيتين معناهما « يرى بعيداً » ، لأن هذا الجهاز يساعد المرء على رؤية الأشياء البعيدة التى لا يمكن تمييزها بالعين المجردة /وكما ذكرنا ، كان «جاليليو» أول من وجه المنظار إلى الكواكب والنجوم ، فانه حين كان فى مدينة البندقية عام ١٦٠٨ أو ١٦٠٩ نمى إلى علمه نبا ما اكتشفه صانع العدسات الهولندى «أوابنه» فاشترى عدستين إحداهما محدبة والأخرى مقعرة وصنع لنفسه منظاراصغيرا مبسط التركيب بتثبيت العدستين داخل أنبوبة لتستقبل إحداهما ضوء الكوكب وتقوم الأخرى بمهمة التكبير . ولم يلبث أن صنع منظارين آخرين زادت قوة التكبير فى كل منهما عن المنظار السابق له ، فكانت فى الأول ثلاثة وفى الثانى ثمانية وفى الثالث اثنان وثلاثون .

وما لبثت التحسينات والتطويرات فى أجزاء المنظار وشكله أن توالت ، وفى كل مرة تتغلغل فى الفضاء مسافة أبعد ويظهر لنا المزيد من التفاصيل . وكان أول من قام بالتطوير هو الفلكى « كريستوف شير » عام ١٦٣٠ ، إذ استخدم عدستين مقعرتين فأدى ذلك إلى اتساع رقعة السماء التى تظهر خلال المنظار ، وبعد مرور حوالى ربع قرن صار ذلك النوع شائع الاستعمال .

والمناظير التى تستخدم فيها العدسات تسمى مناظير كاسرة لأن الضوء يمر خلال العدسة بعد أن ينحرف قليلا «أوينكسر» والصعوبة التى جابهت الفلكيين فى هذا النوع هو عدم وضوح الصورة وانتشار ألوان الطيف فيها . وشمر الفلكيون عن سواعدهم للتخلص من تلك العيوب ، حتى كان عام ١٧٣٣ حين تمكن العالم الإنجليزى « تشسترى مور هول » من الوصول إلى الهدف عن طريق استخدام عدسات من مواد مختلفة ، وبعد ذلك بقليل تمكن « جون دولاند » من التغلب نهائيا على تلك الصعوبات فاستبدل إحدى العدسات بعدستين إحداهما محدبة والأخرى مقعرة كما جعلهما من عنصرين مختلفين .

وأخذ قطر العدسة الأمامية « الشيئية . . أى الموجهة نحو الشىء المراد دراسته» يزاد حتى وصل إلى حوالى متر عام ١٨٩٥

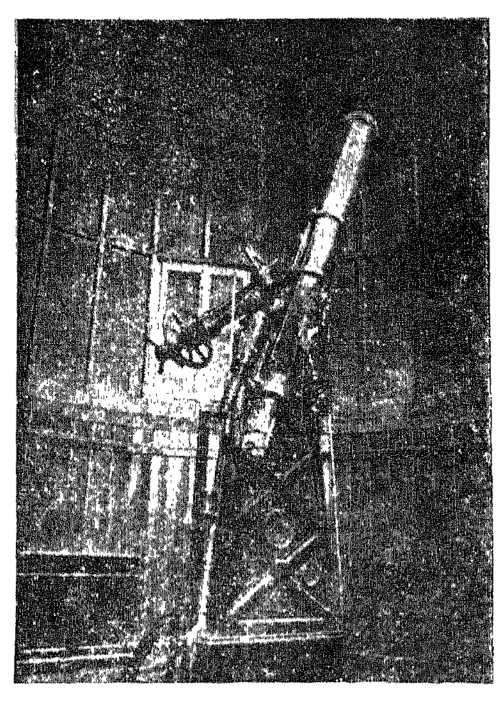
عندماصنع منظار كاسر بهذا الحجم في الولايات المتحدة الأمريكية وما زال حتى الآن أكبر منظار من نوعه في العالم . ومن الوجهة النظرية تبلغ قوة تكبيره أربعة آلاف مرة، لكن الغلاف الجوى وعوامل أخرى تحد من هذه القوة فلا تزيد عن ألف مرة .

وفى عام ١٦٦٦ بحث « اسحاق نيوتن » أسباب عدم وضوح الصورة في المنظار الكاسر وانتشار الألوان فيها ، ولما عرف أن الضوء الأبيض عندما يمر خلال العدسة تنحرف مختلف الألوان فيه بزوايا مختلفة مما يتسبب عنه انفصال الألوان في الصورة(١) الناتجة فقد يئس من التخلص من ذلك العيب ولذلك وجه عنايته الى صنع منظار عاكس تستخدم فيه المرايا أو الأسطح العاكسة بدلا من العدسات ، ونجح في صنع منظار ذي مرآة من المعدن قطرها بوصة واحدة فقط ومع ذلك اختصرت مسافات المرئيات البعيدة تسعا وثلاثين مرة .

واستمر استخدام المعادن في صنع المرآة حوالى مائتى عام بعد نيوتن، ولكن حجم المرآة ذاتها أخذ يتزايد بعد كل تجربة

---

(١) ضع قطعة من البللور في ضوء الشمس مثلا ، تجد أنها تحلله الى قوس من الألوان الجميلة كقوس قزح ، يبدأ باللون البنفسجي يجاوره النيلي ثم الأزرق والأخضر والأصفر والبرتقالى وأخيرا اللون الأحمر .



(شكل ٦) منظار كاسر صغير

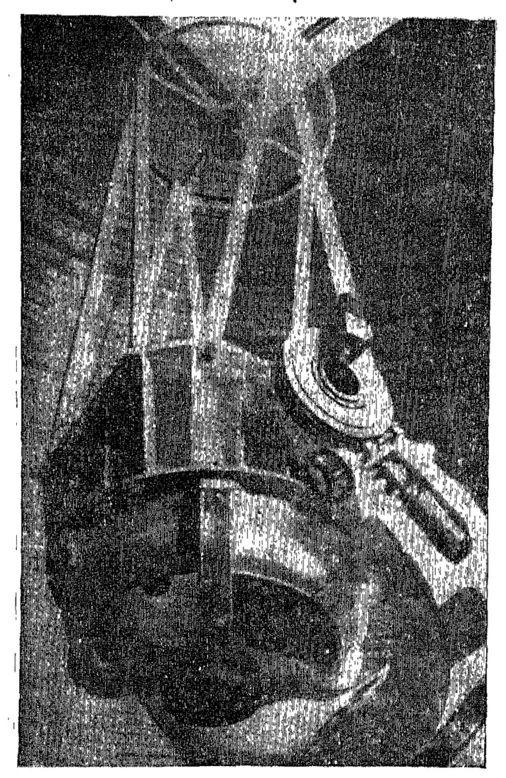
(الشيئية عدسة فى الطرف العلوى من الأنبوبة وقطرها عشر بوصات ، والعينية فى الطرف السفلى .أ ما الأنبوبة الصغيرة فهى منظار آخر يستخدم كمؤشر لتوجيه المنظار الأصلى نحو الجسم المراد دراسته) .

وكان في مقدمة المجتهدين في هذا المضمار « السير ويليام هرشل » « واللورد روس » العالم الأيرلندى . وفى الأزمنة الحديثة استخدمت أقراص الزجاج بعد تشكيلها فى الهيئة المطلوبة ثم صقلها وتغطيتها بطبقة مفضضة ، أما فى الوقت الحاضر فقد استعيض عن ذلك بطلائها بالألومنيوم لأنه يبقى فترة طويلة دون أن يفقد قدرته العاكسة .

ويجدر بنا فى هذا المجال أن نروى قصة أكبر منظار عاكس فى العالم وهو الموجود فى « مونت بالومار » بالولايات المتحدة الأمريكية ويبلغ قطر مرآته مائتى بوصة أى حوالى خمسة أمتار ، فإن تاريخ هذا المنظار وكفاح « جورج هيل » لإقامته جديرة بأن تستوعبها الأجيال الطموحة .

ولد «هيل» فى شيكاغو فى ٢٩ يونيو عام ١٨٦٨ ، والتحق بأكاديمية «آلن» ، وكان يسبق المصور الشهير «بيرتون هولمز» بعامين فى الأكاديمية ولكن جمعت بينهما هواية واحدة هى ... الألعاب السحرية . وفى هذا الصدد كتب هولمز فى مذكراته بعد ذلك بحوالى ستين عاما يقول :

« كنت أنا وهيل نمتلك مجموعة من الآلات والمعدات للقيام بالحيل والخدع التى أثارت إعجاب العائلة والأصدقاء ، وكان



(شكل ٧) منظار ماكس قطر مرآته ٥٧ بوصة (هنا المرآة الرئيسية موجودة في الجزء الاسفل وهذه تعكس الضوء الى مرآة أخرى ثانوية صغيرة في أعلى المنظار ، ثم ينعكس الضوء مرة ثانية الى أسفل ليتسنى رؤيته خلال العينية الظاهرة في جانب المنظار)

«هيل» يمتاز بالذكاء . . . إذ غالبا ما كان يخدعنى بالحيل القديمة فى ثوب جديد ، ولذلك كنت أحلم بمستقبل باسم على المسرح للثنائى — هيل وهولمز . . . فتيان السحر — ولكن مالبث «هيل» أن انغمس فى العلم ، بينما اشتريت أنا آلة تصوير وهكذا تبدد حلم المسرح » .

وفى عام ١٨٨٦ سافر « هيل » و « هولمز » مع عائلتيهما إلى أوروبا على نفس الباخرة . وفى مدينة لندن ذهب الاثنان إلى المتجر الذى كانا يطلبا منه معدات السحر ، حيث اشترى « هولمز » بما قيمته خمسة جنيهات من المعدات الجديدة . . . أما « هيل » فلم يأخذ شيئاً ، بل ذهب إلى متجر آخر حيث أنفق أربعين جنيها فى أجهزة علمية من بينها جهاز للطيف .

والتحق « هيل » بمؤسسة ماساشوستس للتكنولوجيا بغية دراسة الهندسة ، وفى خلال فترة الدراسة تطوع كمساعد فى مرصد هارفارد ووضع فكرة جهاز اسمه المطياف الشمسى لتصوير ضوء الشمس الناتج من عنصر كيميائى واحد فى كل مرة ونجح فى صنعه عام ١٨٩١ بعد حصوله على شهادة الهندسة .

وبمساعدة أبيه ، تمكن من بناء مرصد فى الفناء الخلفى من بيت العائلة بمدينة شيكاغو وأطلق عليه اسم «مرصد كينوود» ،

زوده بمنظار كاسر قطر عدسته اثنتى عشرة بوصة . واستخدم هذا المنظار مع المطياف الذى صممه لتصوير نافورات اللهب على سطح الشمس . . . تلك الألسنة التى تندلع إلى ارتفاعات تبلغ مئات الآلاف من الأميال .

وبعد أن درس فى أوروبا لمدة عام ، عين فى جامعة شيكاغو وهو فى الرابعة والعشرين ، وكان قد زار مرصد « ليك » بكاليفورنيا حيث أعجب بالمنظار الموجود هناك والذى قطر عدسته ٣٦ بوصة وتمنى ان تمتلك جامعة شيكاغو مثيلا له ، وما لبثت أحلامه أن تحققت حين علم أن لدى مصانع « ألفان كلارك وأولاده » — وهى المصانع التى شكلت عدسة مرصد ليك وصقلتها — قرصين من الزجاج الجيد قطرهما حوالى متر أو اثنتان وأربعون بوصة . واشترك « هيل » مع مدير جامعة شيكاغو فى اقناع « تشارلز يركز » أحد رجال الأعمال بشيكاغو لشراء القرصين وصنع أكبر منظار كاسر فى العالم ، ووافق رجل الأعمال على تمويل المشروع نتيجة لتحمس « هيل » .

واختير موقع لاقامة المرصد الجديد على بعد ثمانين ميلا من مدينة شيكاغو يمتاز بخلوه من الدخان والغبار وأضواء المدن الكبيرة وسهولة مواصلاته إلى الجامعة فى المدينة . وتم تركيب

المنظار الكبير وافتتاحه أثناء معرض شيكاغو الدولى عام ١٨٩٣ وما زال حتى الآن أكبر منظار كاسر فى العالم ، يبلغ وزنه عشرين طنا وطول أنبوبته عشرين مترا ، وأطلق على ذلك المرصد اسم مموله « مرصد يركز » وما لبث « هيل » أن أصبح مديراً له .

وفى ٢٨ يناير عام ١٩٠٢ تبرع « أندرو كارنيجى » بعشرة ملايين من الدولارات لتاسيس معهد فى واشنجطن مهمته تشجيع الأبحاث والاكتشافات فى أوسع نطاق وبكل حرية ، وتطبيق العلم فى خدمة البشرية . وتشكلت للمعهد لجنة استشارية للنواحى الفلكية المختلفة وكان «هيل » أحد أعضائها . واقتضى أحد المشروعات التى أوصت بها اللجنة إنشاء محطة فى مكان مرتفع لرصد الاشعاعات الشمسية واختير لذلك موقع « مونت ويلسون » فى جنوب كاليفورنيا بعد أن قضى « هيل » عامى ١٩٠٣ ، ١٩٠٤ فى دراسة صلاحية المكان . وفى ابريل ١٩٠٤ خصص معهد « كارنيجى » عشرة آلاف من الدولارات لبناء المحطة بينما تبرع مرصد « يركز » بالمنظار المطلوب وأخذت جامعة شيكاغو على عاتقها دفع مرتبات بعض الراصدين ، واضطر « هيل » إلى التخلى عن إدارة مرصد « يركز » وأصبح أول

مدير للمرصد الشمسى فى « مونت ويلسون » عام ١٩٠٤ .

وفى عام ١٨٩٦ كان والد « هيل » قد اشترى قرصا من الزجاج من فرنسا قطره ستون بوصة وأهداه إلى المرصد الشمسى فى كاليفورنيا وتطوع معهد «كارنيجى» بتكاليف التركيب وإقامة القبة الحاوية للمنظار ومع ذلك لم يتم تشكيل المرآة قبل عام ١٩٠٧ نظرا لبعض الصعوبات التى عطلت المشروع . ففى إحدى المرات أضرب عمال المصنع لفترة طويلة ، كما أن المصنع نفسه أصيب بأضرار جسيمة أثناء زلزال سان فرانسسكو الشهير عام ١٩٠٦ وأخيرا تم تركيب المنظار الجديد فى « مونت ويلسون » بعد توسيع الممر الجبلى ليناسب نقل الأجزاء الكبيرة للمنظار ، وظل هذا أكبر منظار عاكس فى العالم مدى عشر سنوات .

وحتى قبل أن يتم تركيب هذا المنظار كان « هيل » يضع مشروعا لمنظار أكبر منه ، وفى عام ١٩٠٦ تمكن من إقناع رجل الأعمال الأمريكى « جون هوكر » من « لوس أنجلوس » بصنع منظار قطر مرآته مائة بوصة وتمكن من الحصول منه على ٤٥ ألف دولار لشراء القرص الزجاجى والتكاليف الأخرى الخاصة بالمرآة . وكان ذلك يشمل إقامة المبانى التى يجرى بداخلها تشكيل القرص واختباره بما فى ذلك شراء آلة

التشكيل الضخمة وقرص زجاجى قطره ٥٤ بوصة لأعمال الاختبار .

وقام أحد المصانع الفرنسية بصب قرص زنته أربعة أطنان ونصف طن ، ولكن المشكلة التى صادفت «هيل» بعد ذلك هى الحصول على نصف مليون دولار لأعمال التركيب وبناء المرصد فقام بدعوة « أندروكارنيجى » لزيارة المرصد عام ١٩١٠ حيث أثار اهتمامه بالمشروع . وبينما كان فى زيارة لمصر عام ١٩١١ علم أن « كارنيجى » ضاعف تبرعه للمعهد بعشرة ملايين أخرى مصحوبا بخطاب إلى مجلس الإدارة يوصى فيه بسرعة إتمام مشروع « مونت ويلسون » .

وبدأ العمل بقطيع من البغال لنقل أجزاء المنظار مسافة تسعة كيلومترات فوق الجبل ، ثم استبدل ذلك بسيارتى نقل كبيرتين وبذلك تم وضع قاعدة المنظار عام ١٩١٣ فى بضعة أشهر . وتوقف العمل بسبب نشوب الحرب العالمية الأولى وتحويل المصانع إلى الأغراض الحربية ، كما استدعى « هيل » عام ١٩١٦ لتنظيم مجلس الأبحاث القومى التابع لأكاديمية العلوم .

وكان « هيل » قد أصيب بمرض عام ١٩١٠ ظلت آلامه

تراوده بين حين وآخر ، ثم اشتد المرض عام ۱۹۲۳ فاضطر إلى التخلى عن إدارة مرصد « مونت ويلسون » بعد أن تم تركيب المنظار بخمس سنوات تقريباً . ويبلغ طول أنبوبة المنظار ثلاثة عشر متراً وقطرها أربعة أمتار ، أما وزن الجزء المتحرك فهو مائة طن ! ! ووزن القبة ستمائة طن وقطرها ثلاثون متراً .

وحين تبينت أهمية هذا المنظار فى الأرصاد الفلكية لدراسة النجوم عوضاً عن الشمس ، اضطر « هيل » إلى الاهتمام بالشمس من ناحية أخرى ، فأقام برجين لدراسة الشمس أحدهما ارتفاعه عشرون متراً والثانى خمسون متراً فوق سطح الأرض بينما يمتد أسفله بئر عمقها خمسة وعشرون متراً تحتوى على جهاز للطيف .

وحين تخلى « هيل » عن إدارة المرصد لم يترك الفلك كلية بل أخذ يضع المشروعات لإقامة منظار أكبر ، وفى عام ۱۹۲۸ أرسل خطابا إلى مجلس إدارة التعليم القومى بمؤسسة « روكفلر » يطلب فيه تمويل المشروع . وبعد اجتماع مع رئيس المجلس تقرر رصد مبلغ ستة ملايين من الدولارات إلى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا لإقامة منظار مائتى بوصة . ووافق المعهد على

الإشراف وعلى تمويل مصاريف تشغيل المرصد الجديد بعد الانتهاء من إقامته .

وانقضت أكثر من خمس سنوات في اختيار الموقع المناسب في جنوب كاليفورنيا وفي ولاية أريزونا وأخيراً تم اختيار « مونت بالومار » لهذا الغرض بسبب عدد من العوامل المميزة له مثل الأحوال الجوية وسهولة مواصلاته وبعده الكافي عن أضواء المدن الكبرى وارتفاعه الذي يبلغ ١٨٠٠ متر فوق سطح البحر .

وفي عام ١٩٣٤ تم صب قرص من الزجاج قطره مائتا بوصة بعد عدة محاولات وصعوبات أمكن التغلب عليها ، وأخيراً وصلت المرآة التي تزن عشرين طناً إلى مدينة « باسادينا » في سفح الجبل في ابريل ١٩٣٦ حيث بدأ العمل في تشكيلها وصقلها وانتهى في أكتوبر ١٩٤٧ بعد أن نقصت خمسة أطنان ونصف طن في هذه العملية ، وكان العمل قد توقف تماما مدة أربع سنوات خلال الحرب العالمية الثانية .

وفيما يلي بعض المعلومات المثيرة عن هذا المنظار الذي يعتبر أكبر منظار في وقتنا الحالي . فالمرآة قطرها مائتا بوصة وسمكها عند الحافة أربع وعشرون بوصة وفي المنتصف عشرون

ونصف بوصة ، أما وزنها بعد التشكيل فهو أربعة عشر طنا ونصف طن وقطر الأنبوبة التي تحمل المرآة سبعة أمتار وطولها ثمانية عشر متراً ،ويمكن تحريك المنظار حركتين إحداهما سريعة تحتاج إلى «موتور» قوته حصانان فقط والأخرى بطيئة تحتاج إلى قوة قدرها $\frac{1}{12}$ من الحصان ، ويبلغ وزن هذا المنظار خمسمائة طن. أما القبة فقطرها ستة وأربعون متراًووزنها ألف طن ويمكن تحريكها في أى اتجاه لتواجه فتحتها منطقة السماء المراد دراستها .

وهكذا انقضت عشرون عاما بين بدء العمل فى المشروع عام ١٩٢٨ وبين الانتهاء منه عام ١٩٤٨ .وكان « هيل» قد توفى عام ١٩٣٨ بعد أن اطمان إلى حسن سير العمل لإقامة أكبر منظار عاكس فى العالم وفى حفل الافتتاح أعلن اطلاق اسم « منظار هيل» على منظار « مونت پالومار » ، كما أقيمت لوحة تذكارية باسم الرجل المناضل الذى لم يعرف اليأس إلى قلبه سبيلا حتى بعد أن اشتدت عليه وطأة المرض .

نرى من ذلك كيف تطور المنظار الفلكي من عهد جاليليو عام ١٦١٠ إلى عام ١٨٩٥ ؛ من منظار كاسر ذى عدسة صغيرة لا تتعدى بضع بوصات إلى منظار كاسر قطر عدسته أربعون بوصة ، وكيف أمكن صنع نوع آخر عاكس تستخدم فيه

المرايا بدأه نيوتن بقرص قطره بوصة واحدة ثم أصبح عام ١٩٤٨ مائتى بوصة .

ويوجد فى الوقت الحاضر من هذين النوعين مئات المناظير متباينة الأحجام ، بعضها يمتلكه الهواة ليستمتعوا بمشاهدة غرائب السماء ومراقبة الظواهر الكونية التى تحدث بين حين وآخر . . . وغالبا ما تكون مناظيرهم من الحجم الصغير . أما بقية المناظير فهى موزعة فى أنحاء لعالم بين المراصد المختلفة والجامعات ، بعضها يستخدم فى أغراض التدريس والآخر فى الأبحاث على مختلف المستويات . وكما ذكرنا ، يوجد أكبر منظار كاسر قطر عدسته أربعون بوصة فى « مرصد يركز » التابع لجامعة شيكاغو بالولايات المتحدة الأمريكية وفيها أيضا يوجد أكبر منظار عاكس قطر مرآته مائتا بوصة فى « مونت پالومار » بكاليفورنيا .

وجدير بالذكر فى هذا المجال أن الجمهورية العربية المتحدة قامت منذ وقت قريب بشراء منظار فلكى عاكس قطر مرآته أربع وسبعون بوصة وهو خامس منظار فى ترتيب الحجم فى العالم ، أما الأربعة الكبرى فهى فى أمريكا ... مائتا بوصة ، مائة بوصة فى جنوب كاليفورنيا بالقرب من هوليوود ، ١٢٠ بوصة فى

« مرصد ليك » بشمال كاليفورنيا ، ٨٢ بوصة فى « مرصد ما كدونالد » بولاية تكساس .

وإقامة منظار عاكس كبير ليس أمرا سهلا كما يبدو لأول وهلة ، فمرآته ليست مستوية السطح بل يجرى « دعك » سطحها بمواد خاصة لإعطائه شيئا من الانحناء نحو الداخل على أن يكون الانحناء تدريجيا حتى يبلغ أقصاه عن نقطة الوسط كما يجب أن يكون « النزول » من الحافة إلى الوسط فى جميع الأماكن متماثلا وبهيئة معينة حتى تؤدى الغرض المطلوب . وسمك المرآة يجب أن يكون مناسبا ، فلا هو رقيق إلى درجة أن يصيبه الضغط بأضرار ولا هو سميك إلى درجة أن وزنه يصبح عبئا ثقيلا على الأنبوبة الحاملة لها وعلى « الموتور » المحرك للمنظار.

وقبل هذه الخطوة نجد عملية صب قرص الزجاج غير هينة، إذ يجب أن يكون القرص خاليا من الشوائب والفقاقيع والشدوخ قدر الإمكان ، كما يجب تبريد الزجاج تدريجيا لفترة طويلة قد تصل إلى بضعة أشهر . أما بعد تشكيل القرص فيطلى سطحه بطبقة عاكسة يراعى أن تكون متجانسة سواء فى السمك أو فى درجة اللمعان . فإذا ما أقيم المنظار فى مكان صحراوى مترب ، روعى فى القبة أن تكون محكمة كما يضاف إليها

الاحتياطات الكافية لامتصاص الأتربة قبل أن تنفذ منها وتصل إلى المرآة لتخدش سطحها العاكس وتحد من فائدته .

وتشغيل منظار كبير هي مهمة ضخمة تحتاج إلى طاقم كبير من الفلكيين ومعاونيهم ، فليس الأمر مجرد النظر إلى الأجرام السماوية أو مراقبة حركاتها كما كان في العصور الغابرة ، بل تطورت الأرصاد إلى صور أو أطياف أو تسجيلات تستغرق حقا ساعات قلائل ولكن تحليلها واستخلاص النتائج منها يتطلب غالبا بضعة أسابيع من القياسات والحسابات.

وقبل أن ننتقل إلى أنواع جديدة من المناظير ، نود أن نشير إلى نوع كاسر « ذي عدسات » له حركة خاصة لا تغطي منطقة واسعة من السماء كما هو الحال في المناظير العادية . والنظرية المبنى عليها هذا هي نفس النظرية التي استخدمها علماء اليونان والعرب والتي أشرنا إليها في حينها ، من بناء حائط في اتجاه الشمال والجنوب ثم يرسم على سطحها ربع دائرة مقسمة إلى درجات ويثبت في مركز الدائرة مؤشر متحرك يمكن بواسطته تحديد اتجاه الجسم السماوي فتكون الدرجة التي يشير إليها هي موقع النجم أو الكوكب .

والمنظار الزوالي هو التطوير الحديث لتلك الآلة ، إذ يستعاض



(شكل ٨) منظار زوالى

عن المؤشر بمنظار كاسر صغير يدور حول محور عمودى عليه مرتكز على حاملين أحدهما ناحية الشرق والآخر جهة الغرب فتكون حركة المنظار دائما فى المستوى المار بالشمال والجنوب . وبذلك يقوم المنظار برصد الأجرام السماوية عند عبورها مستوى الزوال المار بالشمال والجنوب ولذا سمى بالمنظار الزوالى .

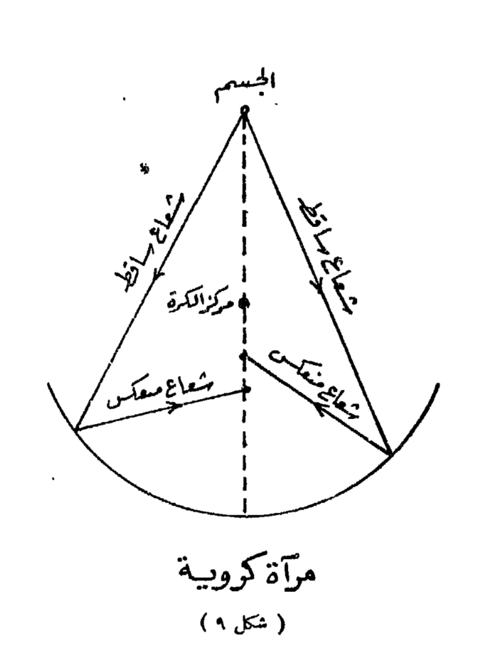
وبطبيعة الحال زادت دقة الأرصاد ، كما أمكن رصد نجوم يصعب رؤيتها بالعين المجردة ، كما استخدمت وسائل جديدة لتسجيل لحظة العبور عن طريق توصيل كل من المنظار وساعة كهربائية أو أكثر بمؤشر يتحرك على قطعة من الورق ليرسم عليها دقات ثوانى الساعة وعبور النجم فيمكن قياس موعد هذا العبور إلى أجزاء من الثانية .

والمهمة الرئيسية لهذا المنظار هو تعيين الوقت بدقة لضبط الساعات فى جميع أنحاء العالم وهى مسالة حيوية بالنسبة لعلماء الفلك تساعدهم على تشغيل المناظير الأخرى وتوجيهها بدقة إلى النجوم الخافتة التى لاترى بالعين وإن كانت مواقعها فى السماء معلومة فى أى وقت . وربابنة السفن فى عرض البحار والمحيطات يحتاجون إلى ساعات مضبوطة لأنهم يعتمدون عليها فى تحديد موقع السفينة فلا تضل عن طريقها .

مناظير جديدة

إن أبسط أنواع المرايا العاكسة هو ما يكون على هيئة جزء من سطح كرة ، وفى هذا النوع تكون جميع الخطوط الخارجة من مركز الكرة عمودية على المرآة ، فإذا وضعنا جسما فى ذلك المركز فإن الأشعة الخارجة منه لتسقط على المرآة تنعكس عائدة من نفس المسار لتكون صورة للجسم فى المركز نفسه . لكن فى جميع الأغراض العلمية يكون المطلوب تكوين صورة فى مكان آخر غير المكان الموجود به الجسم حتى يمكن دراستها بوضوح . فإذا ما وضعنا الجسم بعيدا عن المركز نتج عن ذلك صورة غير واضحة المعالم لأن الأشعة المختلفة الخارجة من الجسم إلى المرآة لا تنعكس إلى مكان واحد ولذلك نحتاج إلى مرآة على هيئة أخرى غير الكروية ، وأنسب شكل لذلك ما يكون جزءا من قطع ناقص (إهليلجى) أو بيضاوى.

وفى الأعمال الفلكية يدرس العلماء أجساما على أبعاد كبيرة جدا من المرآة ، وفى هذه الحالة نحتاج إلى مرآة شكلها كجزء من

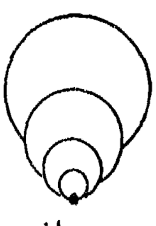


مرآة كروية

(شكل ٩)

قطع مكافىء ، وحتى فى هذه الحالة لانحصل على صورة جيدة نتيجة للاسباب التالية :

الأشعة المنبعثة من أى جسم بعيد جداً تصل إلى المرآة متوازية . ولو أننا غطينا سطح المرآة بأكمله فيما عدا المنطقة الوسطى الصغيرة لوجدنا صورة النجم البعيد على هيئة نقطة واضحة. فإذا ما حجبنا منطقة الوسط والمناطق الخارجية وتركنا حلقة ضيقة قريبة من الوسط لوجدنا صورة أكبر قليلا من السابقة ، كلما ابتعدت الحلقة الضيقة المكشوفة عن الوسط شيئا فشيئا أخذ حجم صورة النجم يتزايد تدريجيا . ومعنى ذلك أننا إذا كشفنا المرآة بأكملها فإنها تعطى صورة للنجم على هيئة حلقات متداخلة.

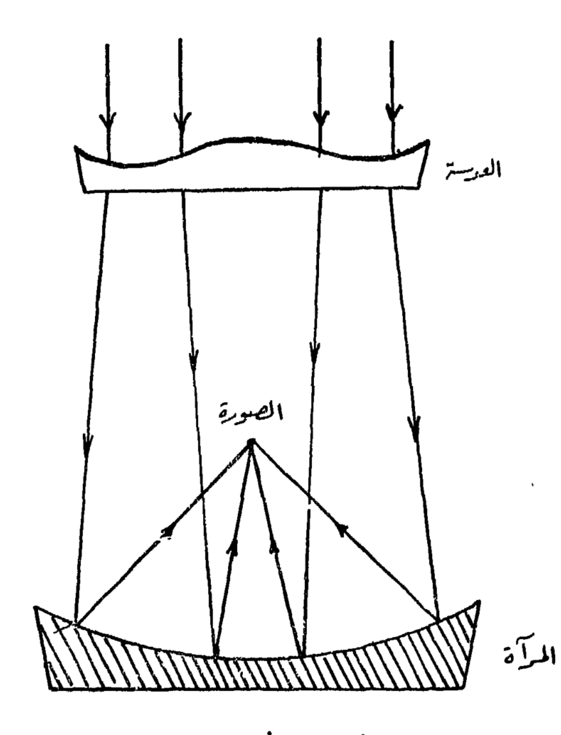


(شكل ١٠)

وللتغلب على تلك الصعوبات بذلت عدة محاولات لتحسين صور النجوم ، وكانت أنجح هذه المحاولات ما قام به المهندس الفلكي (برنارد شميدت) .

ولد (شميدت) عام ١٨٧٩ فى إحدى جزائر إستونيا ونال شهادة الهندسة ثم تخصص فى البصريات كما تطوع للعمل فى مرصد (هامبورج) . وفى عام ١٩٠٠ بدأ يصنع مرايا المناظير الفلكية وبخاصة للهواة .وذات يوم أبدى مدير مرصد هامبورج رغبته فى الحصول على منظار عاكس من حجم معين ، وهو حجم تزداد فيه صورة النجوم سوءا . وكان المطلوب من « شميدت» أن يجد وسيلة للتخلص من ذلك العيب .

وفكر « شميدت » فى أننا لو تركنا جميع الأشعة المتوازية الآتية من جسم بعيد تسقط على المرآة فإنها تنعكس لتتقاطع — كما شرحنا سابقا — فى نقط مختلفة ينتج عنها صورة أبعد ما تكون عن تمثيل الحقيقة . فالطريقة الوحيدة إذن لإزالة هذه الشوائب هى بتغيير مسار كل شعاع قبل أن يلتقى بالمرآة بحيث تنعكس الأشعة كلها لتتقابل فى نقطة واحدة . والوصول إلى هذا الهدف يقتضى استعمال عدسة على هيئة معينة توضع أمام المرآة وكانت المشكلة هى الوصول إلى الشكل الصحيح للعدسة المطلوبة



كاميرا شميدت

(شكل ١١)

وأخيراً توصل « شميدت » إلى صنع عدسة حققت الأغراض المطلوبة منها وأصبح هذا النوع من المناظير معروفاً باسم «منظار شميدت » أو « كاميرا شميدت » .

ما الفرق إذن بين منظار « بالومار » العاكس البالغ قطر مرآته مائتا بوصة وبين كاميرا « شميدت » التي تصغره بكثير ؟ إن منظار « بالومار » له قدرة هائلة على تجميع الضوء وفي نفس الوقت تظهر خلال العينية منطقة صغيرة من السماء وذلك يزيد من فائدته في إظهـار التفاصيل الدقيقة في المجرات البعيدة والكواكب والقمر كما يمكن دراسة بعض النجوم الموجودة في تلك المجرات . أما «كاميرا شميدت» فإنها تصور منطقة أوسع من السماء يظهر فيها عدد هائل من المجرات الخافتة لكن دون تفاصيل . وهكذا لكل نوع منها فائدته التي لا يمكن الاستغناء عنها ، فاحدهما يدرس التفاصيل والأنواع المختلفة من النجوم بينما يبحث الآخر في التجمعات المجرية أو النجومية ، وغالباً مايستخلص الفلكيون من ذلك المناطق الهامة الجديرة بالدراسة المفصلة فيحيلونها إلى زملائهم العاملين على المنظار الكبير .

وإذا كانت أنواع المناظير المذكورة فيما سبق تؤدي رسالتها بالنسبة للكواكب والنجوم ، فإن ذلك لم يصرف علماء الفلك

عن الاهتمام بالشمس باعتبارها أقرب النجوم إلينا مما يجعل دراستها بالتفصيل أمراً هيناً فيساعدنا ذلك على تفهم طبيعة النجوم البعيدة .

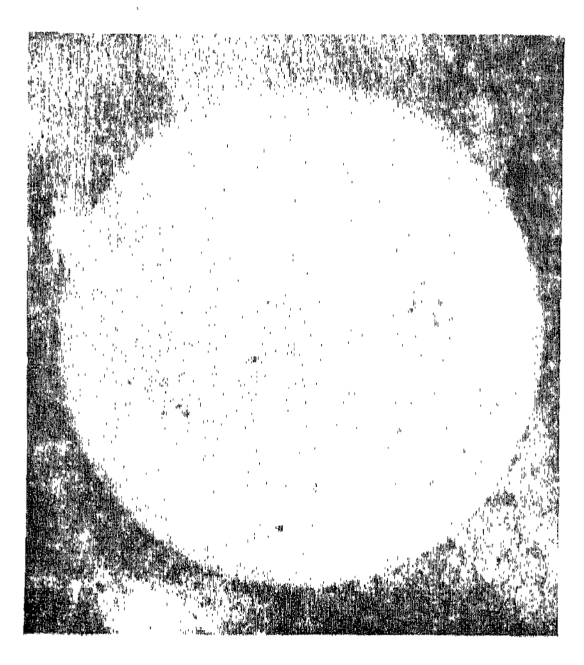
والشمس — كما ذكرنا فى بداية هذا الكتاب — استرعت انتباه الإنسان منذ بدء الخليقة حتى إنه فى بعض فترات تاريخه اعتبرها إلها جبارا يسيطر على مصير الأفراد والأمم ، ولا غرو فى ذلك فهى تمده بالدفء والحرارة وتنير العالم من حوله وتساعد على إنتاج الغذاء الذى يعيش عليه ، فلولاها لما كان هناك حياة ولأصبحت الأرض خاوية على عروشها .

ولسنا فى حاجة لأن نردد ماذكرناه عن مراصد الشمس عند قدماء المصريين وغيرهم ، وصنع فتحات المعابد فى اتجاه معين كى تدخلها الشمس فى وقت معين من أوقات السنة وما أدى إليه ذلك من دراسة علمية لحركة الشمس الظاهرية السنوية ، ثم تطور ذلك إلى البحث فى عدم انتظام تلك الحركة والمقترحات التى تقدم بها علماء الفلك لتفسيرها عن طريق تخيل نظام خاص للكون ثم العدول عنه إلى نظام آخر جعل الشمس مركزا للمجموعة الشمسية بدلا من الأرض ، ثم أعلن عالم الفلك الألمانى « كبلر » عام ١٦١٩ أن حركات الأرض والكواكب حول

الشمس لاتتخذ مسارا دائريا ... بل قطعا ناقصا أو بيضاويا حيث تقع الشمس قريبا من أحد الركنين « فى إحدى البؤرتين » .

وأخيرا لعبت تفاحة « نيوتن » دوراً كبيرا فى حضارة الإنسان ، كما لعبت تفاحة حواء دوراً فى مصيره وإن اختلفت النتائج فى الحالتين . فتفاحة حواء أخرجت الإنسان من الجنة بينما أدخلته تفاحة « نيوتن » جنة التقدم العلمى وحلت كثيراً من غوامض الكون . فقوة الجاذبية التى أشار إليها سقوط التفاحة عند قدمى « نيوتن » — أو على رأسه — أوحت إليه بقانون الجاذبية الذى فسر تماما حركات الأرض والكواكب والمذنبات وغيرها حول الشمس .

وظلت دراسة الشمس لا تتعدى مراقبة حركتها الظاهرية وتعيين مواقعها وحساب ظروف الكسوف ، حتى نظر إليها « جاليليو » خلال منظاره ... وهنا انقلب العالم رأسا على عقب . لقد كان المفروض أنها جسم سليم صحيح لا تشوبه شائبة ولكن مشاهدات « جاليليو » بينت عكس ذلك . لقد رأى بقعا سوداء تغطى سطحها كما تنتشر البقع على جسم مريض . ولم يصدق الناس ولا العلماء أو رجال الدين هذه « الكارثة » فأعلنوا أنها كواكب صغيرة مظلمة تمر أمام قرص الشمس فتبدو



(شكل ١٢)

البقع الشمسية

كما لو كانت ملتصقة به . ثم ثبت أنها أحد الظواهر التى تلازم الشمس وتدخل فى تركيبها وأنها ليست أحد العوامل الخارجية .

وتوالت بعد ذلك اكتشافات الظواهر الأخرى ، فسطح الشمس ليس أملس بل تنتشر فيه الحبيبات اللامعة سريعة التغير كالفقاقيع الصغيرة ويتخللها بين حين وآخر أخاديد تتوهج وتلمع ثم تخبو . كما تبين أن حافة القرص نفسه غير منتظمة ، بل تندلع فى بعض نواحيه ألسنة من اللهب أشبه بالنافورات تندفع إلى مسافة آلاف الكيلومترات فى الفضاء بعيدا عن الشمس . كما ظهرت فى أوقات الكسوف هالة مضيئة تحيط بقرص الشمس المظلم وتبلغ فى حجمها أضعاف ما يبلغه حجم الشمس نفسها .

كل هذه العوامل حفزت العلماء إلى الاهتمام بالدراسات التفصيلية للشمس ورصد كل من هذه الظواهر لكشف الستار عما يجرى فى باطن الشمس وقرب سطحها للتوصل إلى معرفة طبيعة النجوم وتركيبها وتطورها مع الزمن ، وساعدهم على ذلك التقدم الكبير الذى حدث فى علوم الطبيعة والكيمياء والرياضيات .

ولدراسة التفاصيل يحتاج العلماء إلى الحصول على صورة

كبيرة لقرص الشمس ، ووجدوا أن ذلك ممكن إذا كان بعد الصورة المتكونة عن العدسة بعدا كبيرا يصل إلى عشرات الأمتار وفى هذه الحالة يبلغ قطر صورة الشمس نصف متر أو متراً بأكمله . ووجد العلماء أنه من المستحيل صنع منظار طوله عشرات الأمتار إذ يصبح اتزانه صعبا وأية اهتزازات فيه تكون نتيجتها ضياع التفاصيل المطلوب دراستها ، فاستبدلوا الأنبوبة بدهليز طويل مظلم وضعوا عند فتحته مرآتين تدوران مع الشمس فتنعكس الأشعة من المرآة الأولى إلى الثانية ، وهذه تعكسها دائماً فى اتجاه الدهليز المظلم حيث يوضع فى طريقها عدسة أو مرآة محدبة تجمع الأشعة مكونة صورة للشمس . ولعل هذه الطريقة ماخوذة عن قدماء المصريين — كما ذكرنا فى بداية هذا الكتاب — حين كانوا يضيئون المقابر الموجودة على أعماق كبيرة من سطح الأرض بواسطة مرآة يحركونها باليد حتى يتمكنوا من حفر الرسوم الهيروغليفيةعلى الجدران .

ولم تلبث يد التطور أن امتدت إلى المناظير الشمسية ، فقد تبين أن التيارات الهوائية عند سطح الأرض تؤثر كثيراً فى ثبات الشعاع المنعكس وبالتالى تحدث اهتزازات فى الصورة تضيع معها بعض التفاصيل ، ولذلك فكروا فى إقامة هذه

المناظير رأسيا بدلا من عملها أفقيا وفى هذه الحالة يطلق عليها اسم الأبراج الشمسية . فى هذا النظام تبنى قبة على ارتفاع عشرات الأمتار من سطح الأرض وتوضع فيها المرآتان اللتان تعكسان ضوء الشمس رأسياً إلى أسفل خلال ممر رأسى مظلم يحتوى على العدسة التى تكون الصورة عند سطح الأرض أو تحته .

أعوان المناظر

لو اقتصرت الأبحاث الفلكية على المناظير وحدها ، لما تقدم ذلك العلم إلى الدرجة التي وصل إليها . إن المنظار الفلكي ليس سوى وسيلة لتقوية العين حتى تدرك الخافت من النجوم والأجرام السماوية ورؤية بعض التفاصيل الأخرى ولا شيء غير ذلك ، ولو استمر استخدام العين والمنظار فقط لزادت كمية المعلومات ولكن ما تغير نوعها إلا قليلا .

وما حدث من تغير في النوع جاء نتيجة التقدم الكبير في علوم الطبيعة والكيمياء فزودتنا تلك العلوم بالألواح الفوتوغرافية والآت التصوير وأجهزة الطيف والإلكترونيات التي سرعان ما تلقفها علماء الفلك وفتحوا بها مجالات جديدة في الأبحاث الفلكية .

فعين آلة التصوير أكثر حساسية من عين الإنسان ، وبتركيبها مكان العينية في المنظار وتوجيهها نحو منطقة ما من السماء لفترة كافية أمكن تصوير أجرام سماوية خافتة إلى درجة أن العين لا تراها خلال ذلك المنظار . إن الفلكي حين يحدق النظر

فى النجوم خلال المنظار فترة طويلة ، سرعان ما تـكل عينه وتصبح الرؤية غير واضحة أو محددة ويصبح غير واثق ما إذا كانت النقط الضوئية التى يراها هى نجوم فى الحقيقة أم هى خيالات من تأثير طول التحديق .

ومن ناحية أخرى تقدمت صناعة الألواح الفوتوغرافية فامكن عمل أنواع مختلفة منها ، بعضها حساس للضوء الأحمر وبعضها للضوء الأزرق أو البنفسجى وبذلك يمكنها تصوير نجوم حمراء أو زرقاء شديدة الخفوت وأمكن بذلك التغلغل فى الفضاء إلى مسافات خيالية يصعب تصورها[1].

وللألواح الفوتوغرافية ميزة أخرى غير تصوير الأجرام الخافتة ، وهى تسجيل كل ما يبدو خلال المنظار ليتدارسه العلماء على مهل — وفى ثقة — فيما بعد . فإذا أضفنا إلى ذلك التطور الذى حدث فى أجهزة القياس أمكننا أن نتخيل مقدار الدقة

---

(١) أمكن لمنظار « مونت پالومار » تصوير أجرام سماوية على بعد مائة مليون سنة ضوئية . والسنة الضوئية هى المسافة التى يسيرها الضوء فى سنة بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر فى الثانية ، أى أن السنة الضوئية تساوى ٦ مليون مليون ميل . نرى من ذلك أن المنظار أمكنه النفاذ فى الفضاء إلى مسافة ٦٠٠ مليون مليون مليون ميل . . . أو ستة وبجانبها عشرون صفرا ! !

فى تحديد المواقع أو قياس الأبعاد ، ثم عمل جداول تحوى عشرات الألوف من النجوم مصحوبة بمقدار لمعانها ومواقعها فى السماء حتى إذا ما أردنا دراسة نجم معين ضبطنا المنظار على الموقع المعطى لنا فإذا بالنجم ظاهر للعين أو لآلة التصوير .

وميزة ثالثة للألواح الفوتوغرافية ، هى اكتشاف كثير من النجوم المتغيرة والمذنبات والكويكبات فهناك عدد من النجوم يتغير ضوؤها إما بصفة دورية منتظمة أو فجائية غير منتظمة نتيجة لبعض العوامل السائدة فى داخل النجم ذاته واللوح الفوتوغرافى يصور عددا كبيرا من النجوم دفعة واحدة ، فإذا ما صورنا نفس المنطقة من السماء على أوقات مختلفة أمكننا أن نميز كل نجم متغير بالاختلاف الذى يحدث فى حجم صورته بين لوح وآخر .

وتختلف طريقة اكتشف المذنبات والكويكبات[1] عن

---

(١) المذنبات والكويكبات أعضاء فى المجموعة الشمسية لم يتفق العلماء بعد على موطنها الأصلى . ويبدو المذنب عادة على هيئة كتلة تشبه الرأس أو النواة يتصل بها ذيل طويل أو بضعة ذيول ذات أشكال مختلفة تمتد أحيانا إلى مائتى مليون ميل ، ويتكون المذنب من عدد كبير جدا من المواد الصلبة تحيط بها بعض الغازات . اما الكويكبات فهى أقزام كواكب يتراوح قطرها بين ثلثمائة ميل وبين بضعة أمتار ، ويوجد منها فى المجموعة الشمسية بضعة آلاف .

طريقة النجوم المتغيرة . فبينما النجوم ثابتة الموقع بالنسبة لبعضها البعض فإذا أخذنا صورة لمنطقة معينة من السماء نجد دائما نفس النجوم وموضع كل منها بالنسبة للآخر ثابتا لا يتغير تغيرا ملحوظا — نجد المذنبات والكويكبات كنقط مضيئة تتحرك بين النجوم بصفة مستمرة . فإذا ما فحصنا صورتين مأخوذتين فى ليلتين مختلفتين ووجدنا أن نقطة فى أحداهما قد انتقلت إلى مكان آخر فى الصورة الثانية علمنا على الفور أن هذه النقطة ليست نجما بل مذنبا أو كويكبا

ولما كان اللوح الفوتوغرافى يحتوى فى العادة على مئات من النقط بين نجوم وغيرها ، فقد صنع العلماء جهازا خاصا توضع فيه الصورتان ثم ينظر إليهما خلال منظار صغير . وتصميم الجهاز يسمح برؤية أحد الألواح فى لحظة ثم رؤية اللوح الثانى فى اللحظة التالية وهكذا فإذا ما كانت جميع النقط على اللوحين نجوما ونظرنا إليها فى تتابع سريع لم نلحظ شيئا غير عادى كما لو كنا ننظر إلى صورة واحدة ، أما إذا كان هناك مذنب أو كويكب فصورته تبدو كأنما تقفز إلى الأمام ثم تعود إلى مكانها .

ويستخدم نفس الجهاز للكشف عن النجوم المتغيرة . حقا

لا يتغير مكان صورتى النجم على اللوحين فلا يظهر قفز أو ذبذبة إذا ما انتقلنا بين اللوحين ، ولكن صورة النجم المتغير تبدو وكأنها تتمدد ثم تنكمش . والسبب فى ذلك أن تغير النجم صاحبه تغير فى شدة لمعانه فتكون صورته فى أحد اللوحين أكبر من الأخرى .

وبتقدم علم البصريات ، حصل الفلكيون على سلاح جديد لتشريح النجوم ومعرفة دخائلها . فالضوء الأبيض العادى يتكون من الألوان الممتزجة ، وإذا وضعنا فى طريقه قطعة من البللور أو منشورا زجاجيا اتخذ كل لون من هذه الألوان طريقه الخاص به أثناء مروره من المنشور فينحرف بعضها بزاوية تختلف عن الآخرين . وتكون النتيجة أننا نرى الضوء بعد نفاذه وقد تحلل إلى مركبات مجاورة لبعضها كما يبدو فى قوس قزح ، فهذا اللون البنفسجى يليه الأزرق ثم الأخضر فالأصفر ثم البرتقالى والأحمر لا يتغير ترتيبها هذا على الإطلاق . . . وما قوس قزح سوى ضوء الشمس وقد حللته قطرات الماء المعلقة فى الهواء والتى تؤدى وظيفة قطعة البللور .

والضوء المعتاد عند تحليله بالمنشور الزجاجى أو البللورة يعطى الألوان التى ذكرناها ، فإذا تركناه يمر قبل وصوله إلى

المنشور فى طبقة من الغازات المختلفة فإن كل غاز منها يمتص أجزاء معينة من تلك الألوان ويمنعها من الوصول إلينا فيظهر مكانها كخط أسود . ويسهل تمييز تلك الخطوط عن بعضها ، إذ أن الضوء يسير فى موجات مختلفة منها ما هو قصير ومنها ما هو طويل ، فموجات المنطقة البنفسجية مثلا قصيرة والزرقاء أطول منها ثم الخضراء وهكذا حتى المنطقة الحمراء ومعنى ذلك أن كل خط أسود من خطوط الطيف له طول موجة خاصة به نستدل عليها من مكانه فى الطيف ، وكل عنصر من العناصر أو غاز من الغازات يمتص مجموعة من الخطوط أطوال موجاتها معروفة ومحدودة .

فإذا أخذنا صورة طيف لمجموعة من الغازات وجدناه حافلا بالخطوط السوداء ولكن يمكننا قياس أطوال موجاتها ، فإذا كان لدينا جداول تحتوى على خطوط طيف كل غاز أمكننا أن نعرف مايدخل منها فى تركيب هذه المجموعة . وهكذا قدم العلم لنا فى الأزمنة الحديثة أعظم جهاز للأبحاث الفلكية وهو ما يطلق عليه اسم المطياف . . . . . . منه مايستخدم باستعمال العين فقط ومنه ما يلتقط صور الأطياف .

ويركب هذا المطياف على المنظار الفلكى حتى إذا استقبل

ضوء جرم سماوى ، تعاون مع علماء الفلك على حل شفرته ومعرفة العناصر المختلفة التى يتكون منها ذلك النجم . ولا يقتصر الأمر على ذلك ، بل يتعداه إلى تحديد درجات الحرارة . فإذا أخذنا عنصرا معينا مثلا فى درجة حرارة منخفضة لما ظهرت خطوط طيفه التى نعرفها جيدا ، وبعد أن نرفع درجة الحرارة إلى حد معين تبدأ تلك الخطوط فى الظهور ثم تزداد شدتها كلما ارتفعت درجة الحرارة وبعد ذلك تضعف تدريجيا حتى تتلاشى، ولكنها فى تلك الأثناء لا تغير مواضعها على الإطلاق . فمعرفة مدى ظهور خطوط طيف عنصر ما يعطينا فكرة عن درجة حرارة المصدر .

لم يقتصر العمل البوليسى الذى يقوم به المطياف على تحديد درجات حرارة النجوم ، بل كشف أيضاً عن ظاهرة جديدة فى دنيا الفلك . فقد تبين من الدراسلت التى أجريت على خطوط الطيف أنها فى بعض الأحوال لا تقع فى موضعها الأصلى . . . . بل تنتقل قليلا ناحية اليمين أو ناحية اليسار ، بمعنى أن طول موجة الخط يتغير بالزيادة أو بالنقصان والحالة التى تؤدى إلى هذا التغير هى كون مصدر الضوء متحركا ناحية المطياف أو بعيدا عنه ، ويتوقف مقدار بعد الخط عن مكانه الأصلى لو لم يكن

مصدر الضوء متحركا — على سرعة هذا المصدر طبقا لقاعدة أطلق عليها اسم قاعدة « دو بلر » :

$$\frac{ع}{س} = \frac{لَ - ل}{ل}$$

حيث : ع = سرعة المصدر

س = سرعة الضوء = ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر فى الثانية .

ل = الطول الأصلى للموجة .

لَ = الطول الجديد للموجة .

أى أن لَ — ل = مقدار الزحزحة عن الموقع الأصلى للخط.

فإذا كان المصدر متحركا ناحية المطياف أو ناحية الراصد كان انتقال خطوط الطيف إلى الجهة البنفسجية أى يقصر طول الموجة ، وإذا كانت الحركة بعيدا عنه ازداد طول الموجة. وهذا التأثير لا يقتصر على الضوء فقط بل يتعداه إلى موجات الصوت وهى الحالة التى يمكن لمسها بوضوح . فصفير القطار إذا كان قادما تبدو موجاته متضاغطة أى أن أطوالها قصيرة ، فإذا كان مبتعدا سمعنا الصفير فى موجات متباعدة أو طويلة الموجات .

وإذا ذكرنا قاعدة « دو بلر » وجب علينا أن نشير إلى قصة

طريفة يتناقلها علماء أمريكا عن عالم الطبيعة الذى رأى أن يستغلها فى الحياة خارج معمله . ففى يوم كان يقود سيارته وإذا به يندفع عند تقاطع شارعين غير عابىء بإشارة المرور الحمراء وعندما مثل بين يدى القاضى بدأ دفاعه عن نفسه بشرح قاعدة « دوبلر » وبين للمحكمة أنه فى سيره « نحو » ضوء إشارة المرور الحمـراء تغير طول الموجة إلى أقصر منها أى انتقلت من المنطقة الحمراء إلى الزرقاء تخيل إليه أن الطريق مفتوح أمامه... وقد افتتن القاضى بهذه النظرية وكاد أن يصدقه لولا تدخل أحد الطلبة الأشقياء ومطالبته بسؤال الأستاذ عن السرعة اللازمة لـكى تظهر الإشارة الحمراء وكأنها زرقاء . . . . وهنا أسقط فى يد الأستاذ فذكر أنها حوالى مائة ألف كيلو متر فى الثانية !.

ونتيجة للدراسات الفلـكية فى هذه الناحية ، وجد العلماء أن النجوم تسير فى الفضاء ، بعضها يقترب نحونا وبعضها يسير مبتعداً عنا ، ثم تبين أن الجزء الأكبر من هذه الحركة هو حركة ظاهرية فقط وأن بعد النجم عنا ثابت لاخوف من اصطدامه بنا . أما مانراه فيرجع إلى مايسمى بالسرعة النسبية وهى سرعة جسم بالنسبة إلى آخر سواء أكانا متحركين أو كان أحدهما ساكنا . فأنت حين تركب القطار تشاهد

الأشجار وأعمدة الهاتف وهى تتراجع إلى الخلف فى سرعة كبيرة تساوى سرعة اندفاع القطار إلى الأمام بينما هى ساكنة لاتتحرك .

وكذلك الحال فى الأجرام السماوية ، فالشمس والأرض والكواكب والنجوم تدور كمجموعة واحدة حول مركز مشترك بحيث تتم دوراتها جميعاً فى نفس الفترة بينما تظل المسافات ثابتة بين النجوم وبعضها وبينها وبين المجموعة الشمسية ، ونتيجة لذلك تدور النجوم القريبة من المركز فى دوائر أصغر من دائرة المجموعة الشمسية ، والنجوم البعيدة فى دوائر أكبر منها . ولذا تسير النجوم الداخلية ببطء فى حين تسرع النجوم الخارجية كى تقطع دوائرها الكبيرة فى نفس الموعد.

ولذلك إذا نظرنا إلى النجوم الداخلية ، وكانت هذه أمامنا، خيل إلينا أننا سنلحق بها لأن سرعة الأرض أكبر من سرعتها . . . وبمعنى آخر ، إذا اعتبرنا الأرض ساكنة خيل إلينا أن هذه النجوم تندفع نحونا ، فإذا كانت خلفنا رأيناها كأنما تبتعد عنا . وعكس ذلك يقال عن النجوم الخارجية وهى التى تزيد سرعتها عن سرعة الأرض ، فإذا كانت أمامنا بدت مبتعدة وإذا كانت خلفنا ظهرت مندفعة إلينا .

وبعد أن بينت لنا الألواح الفوتوغرافية وجود عشرات الملايين من المجرات[1] ، كل واحدة منها تحوى مئات الآلاف أو الملايين من النجوم أشبه بمجموعة النجوم المحيطة بنا ، وجهنا المطياف إليها لنستزيد بها علماً . وتبين من الدراسات أن خطوط الطيف فى معظمها تنتقل إلى الناحية الحمراء ، فهى إذن تسير فى الفضاء مبتعدة عنا بسرعة خيالية تصل إلى بضعة آلاف من الأميال فى الثانية الواحدة ! ! وكلما ازداد بعد المجرة عنا كانت سرعتها أكبر وذلك ما أطلق عليه العلماء اسم تمدد الكون .

وكما أعطانا المطياف صورة شبه واضحة لأعماق الفضاء ، استخدمناه فى دراسة كواكب المجموعة الشمسية ومعرفة الغازات المحيطة بها واحتمال وجود حياة من أى نوع فيها ، تمهيداً لإنطلاق الإنسان إليها واستغلال مواردها البكر .

والكواكب أجسام مظلمة كالأرض ، تعكس أشعة الشمس الساقطة عليها بعد مرورها فى غلافها الغازى — إن كان له وجود — فإذا ماوصلت الأشعة المنعكسة إلى الأرض وتلقاها المطياف وجدنا نفس الخطوط التى نحصل عليها بتوجيه المطياف إلى الشمس نفسها بالإضافة إلى خطوط جديدة أنتجتها الغازات

(١) أقرب هذه المجرات إلينا على بعد سبعمائة وخمسين ألف سنة ضوئية أى على مسافة ٥ مليون مليون ميل ، أى خمسة وبجانبها ثمانية عشر صفرا ، او مايعادل خمسين ألف مليون مرة المسافة بين الأرض والشمس .

المحيطة بالكوكب . ولكن الأمر ليس سهلا كما يبدو لأول وهلة نتيجة لعاملين :

١ — انخفاض درجة حرارة الغازات مما ينتج عنه خطوط ضعيفة لاتكاد ترى .

٢ — تدخل الغلاف الجوى للأرض لإرباك علماء الفلك فى أبحاثهم ، فإذا وجدنا خطوط غاز الأكسيجين مثلا فى الطيف فما يدرينا أهى ناتجة عن وجود هذا الغاز فى الكوكب أم أنها راجعة إلى أكسيجين الأرض وحدها ؟

وقد تغلب العلماء على هذه الصعوبة باستخدام إحدى طرق ثلاث تعتمد أولاها على دراسة شدة خطوط الطيف فالمفروض أنها تزداد كلما ازدادت كمية الغاز الذى مر فيه الإشعاع وبذلك يكون الخط المعين الناتج عن أكسيجين الأرض والكوكب معا أكثر شدة من الناتج عن الأرض وحدها . فالمشكلة إذن هى فى الحصول على خطوط الأرض وحدها ثم مقارنتها بالأرض والكوكب معا ، وهنا استعان العلماء بالقمر الذى ثبت — بطرق أخرى — أنه لايحتفظ بغلاف جوى ومعنى ذلك أن طيف الاشعاع الذى ينعكسه لا يزيد على طيف الشمس المباشر فى شىء إلا بالخطوط الأرضية الناتجة عن الغازات المحيطة بالأرض .

فإذا قارنا طيف القمر بطيف كوكب ما ووجدنا أن الخطوط الأرضية فى كليهما لها نفس الشدة والوضوح أمكننا أن نؤكد عدم وجود هذه الغازات على سطح الكوكب أما إذا زادت فى الكوكب عن القمر ، كان معناه وجودها هناك .

وتعتمد الطريقة الثانية للكشف عن الغازات فى الكواكب على قاعدة « دوبلر » وزحزحة خطوط الطيف للجسم المتحرك وباختيار الوقت المناسب حين يكون الكوكب آخذا فى الابتعاد عن الأرض أو فى الاقتراب منها ، نجد أن خطوطه تنفصل عن الخطوط الأرضية إلى درجة يمكن ملاحظتها أو على الأقل يتشوه منظر الخطوط الأرضية مما يؤكد وجود هذا الغاز على الكوكب .

والطريقة الثالثة تستخدم إذا كان تشويه الخطوط الأرضية ضئيلا مشكوكا فى أمره . ففى هذه الحالة نسجل طيفين للكوكب أحدهما عند اقترابه والثانى عند ابتعاده ، وحينئذ يكون التشويه فى الأول إلى اليسار وفى الثانى إلى اليمين من الخط الأرضى ومهما كان مقداره صغيرا ، إلا أن وجوده فى ناحيتين عكسيتين يظهره بوضوح للباحث عنه .

حتى النباتات حظيت بالدراسات الطيفية للبحث عنها فى كوكب المريخ . ويقوم « الكلوروفيل » فى هذه الحالة مقام غاز من

الغازات ، إذا سقط عليه ضوء الشمس امتص منه بعض الأطوال الموجية . فلو قمنا بتحليل الضوء المنعكس بعد ذلك من النبات لوجدنا جميع الخطوط الطيفية الخاصة بالغازات الموجودة فى الشمس ، بالإضافة إلى الخطوط الأرضية التى أشرنا إليها، وأخيرا نجد خطوطا جديدة نتيجة لوجود « الكلوروفيل » فى طريق ذلك الضوء وقد أمكن فعلا رؤية ثلاثة خطوط « هى فى الحقيقة ثلاث حزم » امتصاصية ولكن أوضحها هو الواقع فى المنطقة الحمراء من الطيف ويطلق عليها اسم «الحزمة الامتصاصية الرئيسية للكلوروفيل » . وما على المرء حينئذ إلا أن يوجه المطياف نحو الكوكب ليرى هل تظهر تلك الحزم مشيرة إلى وجود نباتات أم يصعب العثور عليها لسبب من الأسباب ؟

وفى مجال البحث عن النباتات ، نود أن نرجع إلى الوراء لنرى إلى أى مدى يمكننا الاستعانة بالتصوير الفوتوغرافى . استخدم العلماء أفلاما مختلفة بعضها حساس للضوء الأزرق والآخر للضوء الأحمر وقاموا بتصوير النباتات الخضراء فوجدوا اختلافا كبيرا بين الصورتين . . . الصورة المنطبعة على النوع الثانى من الأفلام كانت أكثر بريقا من المأخوذة بالنوع الأول فاستدلوا من ذلك على انبعاث إشعاعات حمراء أو دون حمراء

من النباتات كان أثرها على اللوح الحساس للضوء الأحمر أقوى من أثرها على اللوح الآخر . ومعنى ذلك أن النباتات تقوم بتشتيت الأشعة الحمراء أو عكسها كما تعكس المرآة الضوء الساقط عليها .

وما زالت هذه الأبحاث الطيفية والتصويرية تجرى على النباتات المختلفة الأنواع للوصول إلى نتائج مؤكدة ، وخاصة بعد أن تبين من الدراسات الأولية أن بعض النباتات تغير من عاداتها إذا وجدت نفسها فى جو غير مألوف لها . فمثلا عند المقارنة بين نباتات المناطق المعتدلة وزميلاتها فى المناطق الباردة ظهر أن المجموعة الأولى تعكس كثيرا من الإشعاعات الحمراء بينما تمتصها المجموعة الثانية لتمدها بالدفء الذى تحتاج إليه ، بل إن النبات الواحد فى المنطقة يمتص كثيرا من هذه الأشعة فى فصل الشتاء ومن ناحية أخرى احتفظت بعض النباتات بخواصها الأصلية حين نقلت من موطنها إلى مكان آخر ، فأشجار الصنوبر الكندية حين نقلت إلى منطقة أكثر دفئا لم يظهر فى طيفها الحزم الامتصاصية للكلوروفيل كما هو الحال لشقيقاتها فى كندا .

الرادار واللاسلكى والفلك

من أهم خصائص أى نجم من النجوم ، تلك الإشعاعات التى يبعث بها إلى الأرض ، وقد اعتدنا أن نطلق على هذه الإشعاعات اسم موجات ضوئية ولكن من الأصوب أن نسميها موجات كهرومغناطيسية إذ أن الموجات الضوئية ليست سوى جزء صغير جداً من الموجات الكهرومغناطيسية . فأطوال الموجات الضوئية تتراوح بين $\frac{٤}{١٠٠٠٠٠}$ من السنتيمير وبين $\frac{٨}{١٠٠٠٠٠}$ من السنتيمير[١] ، بينما تغطى الموجات

(١) مقاس الموجات الضوئية بوحدات أخرى غير السنتيمتر رهى وحدتى الأنجشتروم والميكرون ويبلغ طول الأنجشتروم $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠٠٠}$ من السنتيمتر بينما يبلغ الميكرون $\frac{١}{١٠٠٠٠}$ من السنتيمتر . وتستخدم وحدة الأنجشتروم للموجات القصيرة فى الضوء المرئى بينما تستخدم وحدة الميكرون للموجات الطويلة نسبياً أى فى المنطقة الحمراء ودون الحمراء . وعلى هذا القياس تتراوح أطوال الموجات الضوئية المرئية بين اربعة آلاف وثمانية آلاف انجشتروم والأشعة فوق البنفسجية ما دون ذلك حتى ١٠ انجشتروم ، بينما تمتد الأشعة دون الحمراء من ٨٠٠٠ انجشتروم (٨ و ٠ ميكرون) تقريباً إلى مائة ميكرون .

الكهرومغناطيسية مجالا أكثر امتدادا — فمن الناحية النظرية يشمل جميع الأطوال من الصفر إلى اللانهاية .

والموجات التى تقصر أطوالها عن الموجات الضوئية تسمى فوق البنفسجية ، تتضاءل أطوالها حتى تصل إلى جزء من عشرة ملايين جزء من السنتيمتر . فإذا ما تابعنا الموجات الأكثر قصراً من ذلك ، صادفنا أشعة إكس التى تتراوح أطوالها ما بين جزء من عشرة ملايين جزء من السنتيمتر وبين جزء من ألف مليون جزء من السنتيمتر ، ويليها فى القصر أشعة جاما التى تصل إلى جزء من مائة ألف مليون جزء من السنتيمتر ! !

سنتيمتر 10^{-1} 10^{-2} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-7} 10^{-9} ١٠٠

موجات لاسلكية — دون الحمراء — فوق البنفسجية — أشعة إكس — أشعة جاما

إشعاعات كهرومغناطيسية

منطقة الضوء المرئى موضحة فى الشكل بالخطوط المائلة

(شكل ١٣)

فإذا ذهبنا إلى الناحية الأخرى من الضوء المرئى وجدنا أمواجا طويلة هى الأشعة دون الحمراء يليها بعد ذلك الموجات اللاسلكية . والأشعة دون الحمراء تصل أطوالها إلى واحد

من مائة من السنتيمتر بينما تغطى الموجات اللاسلكية مجالا قد يمتد حتى عشرة آلاف من الأمتار .

والأجرام السماوية الملتهبة تنبعث منها — كما ذكرنا — موجات كهرومغناطيسية ، ولكن توزيع الطاقة فى مناطق الموجات المختلفة يتوقف على درجة حرارة الجسم . وتتراوح درجات حرارة السطح لغالبية النجوم بين ٤٠٠٠ درجة وبين ١٠٠٠٠ درجة ، ولذلك فإن الجزء الأكبر من إشعاعها يقع فى منطقة الضوء المرئى المظللة فى الشكل . . . وبدراسة هذه المنطقة نكون قد حللنا الجزء الأكبر من إشعاع هذه النجوم.

وماذا عن النجوم الأكثر سخونة أو الأقل حرارة ؟ . . . فى النوع الأول نجد معظم الإشعاع واقعاً فى المنطقة البنفسجية وفوق البنفسجية ، بينما يقع النوع الثانى فى المنطقة دون الحمراء ، ولكى تكمل دراسة هذه النجوم بحث العلماء عن وسائل لرصد الإشعاعات فى هذه المناطق حيث أنها غير مرئية لاتحس بها العين ولا تسجلها الألواح الفوتوغرافية العادية . وتمكن العلماء فى هذا المجال من صنع ألواح فوتوغرافية ذات حساسية خاصة كما استخدموا صمامات أطلق عليها إسم خلايا كهروضوئية ، وأكثر

استعمال الألواح الجديدة للأشعة فوق البنفسجية بينما تستخدم الخلايا الكهروضوئية للأشعة دون الحمراء .

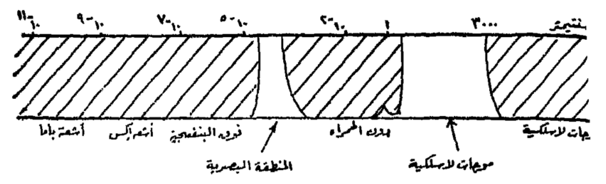
ويتدخل غلاف الأرض الجوى ليغل يد الفلكيين فى هذه الأبحاث من نواح عديدة ، ولكن أهم المتاعب التى يضعها فى طريقهم هى شهيته المفتوحة للامتصاص . فالإشعاع القادم من أى جرم سماوى لا يصل إلى نهاية المطاف سالماً ، إذ يقوم الغلاف الجوى بتمزيقه إربا ثم يمتص معظم موجاته ولا يدع لنا سوى أشلاء قليلة . والغلاف فى الحقيقة يمتص جميع الموجات ولكن ليس بدرجة واحدة ، فالغالبية يبتلعها ابتلاعا ولا يترك لنا منها أى أثر ، بينما يقضم من الأشلاء القليلة الباقية قضمات صغيرة قبل أن تفلت من بين أنيابه لتتلقفها أجهزتنا وتحكى لنا الكثير . ومن الأشلاء التى تصل إلينا موجات الضوء المرئى بينما تضيع الأشعة فوق البنفسجية التى تقصر أطوالها عن ٢٩٠٠ أنجشتروم ضياعا تاما بسبب امتصاص الغلاف الجوى لها .

وقد استخدم علماء الفلك البالونات والصواريخ لدراسة الأشعة فوق البنفسجية التى تنبعث من الشمس . . . فهم يطلقون هذه البالونات والصواريخ — بعد تزويدها بالأجهزة اللازمة — إلى طبقات الجو العليا لتقابل الإشعاع فى مساره قبل أن يدخل

الغلاف الجوى ويلاقى مصيره المحزن . وهذه الطريقة وإن نجحت فى حالة الشمس ، إلا أنها غير مجدية مع النجوم لصعوبة توجيه الأجهزة إلى نجم معين يبدو كنقطة دقيقة على صفحة السماء.

وكذلك يمتص الغلاف الجوى الأشعة دون الحمراء بأكملها. ولا يترك لنا سوى كسرة صغيرة لا تشبع ولا تغنى من جوع . أما الأمواج اللاسلكية التى تليها فيمر منها جزء صغير ما بين سنتيمتر واحد وبين ثلاثين مترا ثم تضيع كل الأمواج التى بعدها.

نرى من ذلك أن لدينا نافذتين عصريتين ندرس الكون من خلالهما ، وأحدهما نافذة بصرية أو موجات الضوء المرئى التى أشرنا إليها فيما سبق . أما النافذة الثانية فهى أكبر من الأولى بمراحل كثيرة ولكن الإشعاع النافذ منها لا يمكن رؤيته أو تصويره . وفى الحقيقة ، ليس الحد الأقصى للإشعاع الذى يمر خلال هذه الفجوة ثلاثين متراً بالتمام ، بل يتارجح ما بين ستة عشر مترا وبين ثلاثين مترا تبعا لزاوية سقوط الإشعاع على الغلاف الجوى وللاحوال الطبيعية فى طبقات الجو العليا وهى أحوال سريعة التغير . ويطلق على هذه النافذة نافذة الفلك اللاسلكى .



(شكل ١٤)

المناطق المظللة هى الأمواج التى يمتصها الغلاف الجوى أو يعكسها فلا تصل إلى الراصد

ولم تبدأ دراسة هذه المنطقة إلا حديثا بسبب عاملين هامين :

أولا : يقع معظم إشعاعات النجوم فى المناطق فوق البنفسجية ، والمرئية ، والحمراء ، ودن الحمراء . بينما يقع جزء ضئيل جداً فى منطقة الموجات اللاسلكية .

ثانياً : عدم وجود أجهزة استقبال أو هوائيات شديدة الحساسية .

ومالبث هذا العلم أن تطور سريعا فى السنوات الأخيرة وانبثق منه فرعان رئيسيان أحدهما الفلك اللاسلكى والآخر الفلك الرادارى . ويختص الفلك اللاسلكى بدراسة الإشعاعات التى تخرج من الأجرام السماوية فى منطقة الموجات الطويلة ، بينما تتجه دراسات الفلك الرادارى إلى إرسال إشارات من

الأرض إلى الجسم ثم دراسة صدى هذه الإشارات بعد اصطدامها بالجسم وعودتها إلى الأرض . وهذه الطريقة تنجح فى حالة الأجسام القريبة من الأرض مثل القمر والكواكب ولكن يصعب تطبيقها على النجوم بسبب أبعادها الشاسعة .

ويطلق على الجهاز الذى يدرس إشعاعات الأجرام السماوية اسم المنظار اللاسلكى ، وهو يختلف عن المنظار العاكس المعروف فى أن الأخير يتكون من مرآة تقتنص إشعاع الجسم وتجمعه عند البؤرة حيث يستقبله لوح فوتوغرافى أو خلية كهروضوئية أو مطياف بينما يتكون المنظار اللاسلكى من هوائى أو من مرآة معدنية فى بؤرتها هوائى صغير ... أو قد يستعاض عن الهوائى البسيط بآخر مركب من عدة هوائيات .

ويختلف المنظاران أيضاً من ناحية أخرى ، فالمنظار البصرى يستقبل موجات الضوء المرئى كلها ويجمعها عند البؤرة حيث تجرى دراستها ، أما المنظار اللاسلكى فلا يدرس سوى موجة واحدة بطول معين ويتحدد ذلك بطول الهوائى ... فكل طول نختاره للهوائى يجعله صالحا لالتقاط موجة واحدة معينة .

وللمنظار اللاسلكى ميزات لايجاريه فيها المنظار البصرى ولكن لايمكن لأحدهما أن يحل محل الآخر ، بل هما فى الحقيقة يكملان



(شكل ١٤) منظار لاسلكى

بعضهما بعضا . فعلى سبيل المثال ، نرى الشمس كقرص مستدير مضيء طبقا لما تحدده لنا الأشعة المرئية — فإذا ما تلمسناها بالمنظار اللاسلكى ثم رسمنا شكلها كما تحدده لنا المناطق التى تنبعث منها الموجات اللاسلكية ، وجدنا ذلك الشكل بيضاوياً ! !

ومن ناحية أخرى ، نعلم أن قرص الشمس يحيط به هالة غير منتظمة الشكل لاتظهر لنا فى الأحوال العادية بسبب ضعف ضوئها الذى يطغى عليه نور الشمس الساطع . وكانت الفرصة الوحيدة أمام العلماء لمشاهدة هذه الهالة ودراستها هى فرصة حدوث كسوف للشمس حين يحجب القمر قرصها تماما ، ثم توصلوا إلى جهاز للكسوف الصناعى بداخله قرص صغير بديل عن قرص القمر يحجبون به الشمس فتظهر لهم الهالة واضحة إلى حد ما .

والمتاعب التى جابهت علماء الفلك فى هذا الصدد هى ندرة الكسوفات التامة إذ غالبا ما يكون الكسوف جزئيا فلا يحجب القمر سوى جزء من قرص الشمس . . . وسواء أكان هذا الجزء صغيرا أم كبيرا فإن ما يبقى مضيئا من الشمس يطغى على الهالة ويخفيها . ومن جهة أخرى ، إذا تصادف وحدث كسوف كلى للشمس فإنه لا يستمر سوى لحظات يبدأ بعدها

فى الانقشاع فلا يترك للعلماء وقتاً كافياً للدراسات التفصيلية .

أما جهاز الكسوف الصناعى ، فرغم إمكان استخدامه فى أى وقت لفترات طويلة ، إلا أنه يحجب قرص الشمس بعد دخول ضوئها الغلاف الجوى للأرض ووصوله إلى المنظار . والغلاف الجوى يشتت الضوء فلا يجعله محصوراً فى مساره الأصلى بل « يتناثر » جزء منه فى جميع الاتجاهات وهذا هو السبب فى أن السماء تبدو « مضيئة » خلال النهار ويطغى نورها على النجوم فيخفيها عن الأعين . وعلى ذلك لا يظهر لنا فى الجهاز سوى أشد أجزاء الهالة وضوحا ، وحتى هذه الأجزاء تكون « مختلطة » بجزء من نور الشمس .

وعلاوة على ذلك ، فإن أيا من الكسوف الطبيعى أو الصناعى لا يمكننا من دراسة المناطق الفاصلة بين قرص الشمس المضئ وبين الهالة . فلما جاء المنظار اللاسلكى ، أعطانا الفرصة لدراسة المناطق بالإضافة إلى الهالة نفسها فى أى وقت ولأية فترة . . . هذا إلى جانب إحدى الميزات الكبرى لذلك المنظار وهى قدرته على الرصد فى أية ظروف جوية مهما كانت .

وفى أثناء « مسح » السماء بالمنظار اللاسلكى ، اكتشف

العلماء عام ١٩٤٦ مصدرا لا سلكيا قويا فى كوكبة الدجاجة(١) ثم آخر فى كوكبة ذات الكرسى وثالث فى كوكبة الثور ، ولما كانت هذه الكوكبات الثلاث واقعة فى الطريق اللبنى(٢) حيث تكثر السدم(٣) فقد تبادر إلى ذهنهم أن السدم نفسها هى مصدر هذه الموجات اللاسلكية . ولكن بعد أن بلغ عدد هذه المصادر

---

(١) قبل أن يصبح للنجوم جداول خاصة مثبت فيها موقع كل نجم فى السماء لجأ القدماء إلى وسيلة تسهل لهم مهمة التعرف على النجوم المختلفة او الاشارة إليها فى أحاديثهم وكتاباتهم فقسموا النجوم اللامعة الظاهرة لهم إلى مجموعات أطلقوا عليها إسم كوكبات ، ثم تخيلوا نجوم كل كوكبة على هيئة حيوان او إنسان أو بطل من ابطال الأساطير مثل الدجاجة والجاثى على ركبته وذات الكرسى (امرأة تجلس على كرسى) والثور وغيرها . وأسماء خاصة على المع نجوم المجموعة أما الباقية فكانوا يشيرون إلى مكانها فى الكوكبة كقولهم «النجم الذى على راس الدجاجة او عند الركبة اليمنى لذات الكرسى » .

(٢) الطريق اللبنى او « سكة التبانه » كما يسميها اهل الريف منطقة تمتد عبر السماء تبدو فى الليالى الحالكة كالسحاب الخفيف ولكنها فى الحقيقة تحتوى على ملايين النجوم الخافتة الضوء .

(٣) السدم او مواد ما بين النجوم مناطق واسعة تحتوى على غازات وجزئيات وحبيبات تبدو احيانا كالسحب الداكنة تحجب ما وراءها ، واحيانا تكون رقيقة وشفافة إلى انها لا تظهر للاعين .

اللاسلكية ٢٠٠٠ عام ١٩٥٥ يقع أغلبها خارج الطريق اللبنى
نبذوا هذه الفكرة وأطلقوا عليها إسم « النجوم اللاسلكية »
ومن المعتقد أن هذه النجوم اللاسلكية أجسام كونية لها طبيعة
النجوم فى استدارتها وتكونها من غازات كثيفة بعض الشىء
ولكن لها القدرة على إشعاع موجات لاسلكية قوية وموجات
ضوئية ضعيفة جداً حتى أننا لا نرى فى كثير من الأحيان مكان
هذا المصدر جسما مضيئاً ولو استخدمنا أكبر المناظير البصرية .

وكان للمنظار اللاسلكى فضل كبير فى معرفة الشكل العام
لمجرتنا(١) ، بعد الاستعانة باشكال ملايين المجرات الأخرى التى

(١) النجوم التى تحيط بنامن كل جانب والتى تبدو للنظر كأنما هى مبعثرة دون قصد او نظام ، ليست فى الحقيقة كذلك بل تكون فى مجموعها شكلا هندسيا بديعا يسمى بالمجرة ؛ وهو اقرب ما يكون إلى شكل المدسة الرقيقة . وتقع الشمس ومجموعتها بين دفتى الحافة الرقيقة بعيدا عن المركز بحوالى ثلاثين الف سنة ضوئية « ١٨٠ ألف مليون ميل » . ولو كان موقع الأرض فى مركز المجرة لشاهدنا النجوم فى السماء موزعة فى جميع الاتجاهات بشكل شبه منتظم ، اما وهى بعيدة عن المركز فان التوزيع يختلف إختلافا كبيرا . فلو اتجهنا بأبصارنا ناحية المركز لرأينا اكبر عدد من النجوم بينما يقل هذا العدد تدريجيا كلما ابتعدنا عنه حتى لا نكاد نرى سوى بعض نجوم متفرقة . وهذا هو السبب فى الطريق اللبنى الذى نراه فى الليالى الصافية . . . حزام ضيق أبيض يحتوى على ملايين النجوم .

تسبح فى الكون . وتختلف هيئات هذه المجرات اختلافا كبيرا ولكننا نستطيع تقسيمها بصفة عامة إلى ثلاثة أنواع :

١ — بيضاوى الشكل ، وذلك يشمل جميع المراتب ابتداء من الهيئة المستديرة إلى الشكل البيضاوى الرفيع الذى يكاد يشبه عصا الخيزران .

٢ — لولبى الشكل على هيئة نواة ضخمة يخرج منها ذراعان منحنيان يتبعان فى انحنائهما شكل النواة ، وتختلف درجة انفراج الذراعين ما بين مجرة وأخرى .



مجرات لولبية

(شكل ١٦)

٣ — لولبية قضبانية الشكل ، وهذه تتكون من نواة يقطعها قضيب طويل ويخرج الذراعان من نهايتى القضيب بزوايا مختلفة .

وقد تبين أن هناك موجات لاسلكية تنبعث من الطريق اللبنى ، وبدراسة شدة هذه الإشعاعات ظهر أنها تختلف من




مجرات قضيبانية

(شكل ١٦ مكرر)

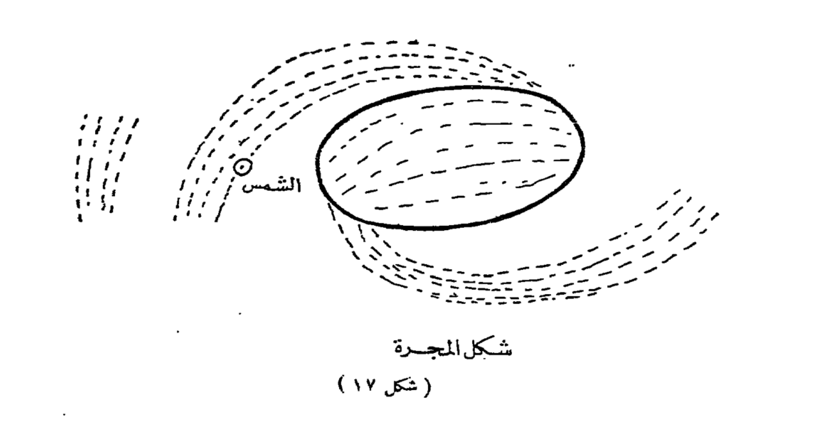
مكان إلى آخر على طول هذا الطريق ولكنها تبلغ أقصى شدتها فى بعض المواقع وخاصة عند كوكبات السهم والدجاجة وذات الكرسى ، ولاحظ العلماء أن كوكبة السهم تقع فى اتجاه مركز المجرة حيث يحتشد أكبر عدد من النجوم بينما نرى الطريق اللبنى عند كوكبة الدجاجة وقد تفرع إلى مسلكين نتيجة لوجود سحب هائلة من مواد ما بين النجوم « سدم » تحجب كثافتها معظم نجوم هذه المنطقة الواقعة فى وسط الطريق اللبنى وتترك ما على جانبيه من نجوم فيبدو كأنما تفرع إلى طريقين .

وبدأ تفسير هذه الموجات عام ١٩٤٠ بأنها نتيجة وجود غازات متأينة بين النجوم وأن التصادم بين الالكترونات

والبروتونات فيها ينتج عنها موجات طويلة لاسلكية . وقد يبدو لأول وهلة أن هذا المصدر لا يكفى لإعطاء موجات بهذه الشدة التى تسجلها أجهزتنا لأن الغازات المتاينة بين النجوم تكون صغيرة الكثافة حتى تكاد أن تكون فراغا . ولكن إذا أخذنا فى الاعتبار الحجم الهائل للمجرة فإننا نلاحظ وجود عدد كبير من هذه الطبقات الرقيقة على مسافات متباعدة ، فإن كان إشعاع إحداها ضعيفا فإنها متجمعة تعطى موجات ملحوظة الشدة .

وإذا كانت الدراسات قد بينت أن الموجات اللاسلكية فى اتجاه مركز المجرة هى نتيجة لوجود مواد ما بين النجوم يتخللها عدد هائل من النجوم ، فالمفروض ألا نجد هذه الموجات فى الجهة المضادة للمركز والجهات الأخرى ... أو على الأقل يكون الإشعاع ضئيلا . ولكن ثبت وجود إشعاعات قوية فى هذه النواحى وخاصة فى الجهة المضادة تماما . وقد فسر العلماء ذلك بأنه راجع إلى التركيب اللولبى للمجرة ، أما فى الجهة المضادة فيوجد ذراع « أو جزء من ذراع » ثالث .

وبينما تقف الموجات الضوئية عاجزة عند سطح كوكب ما ، نجد الموجات اللاسلكية قادرة على النفاذ لما تحت ذلك السطح ...



شكل المجرة

(شكل ١٧)

ولعل حالة القمر هي أروع مثال على ذلك . لقد اكتشف العلماء عام ١٩٤٦ موجة طولها ١¼ سنتيمتر آتية من القمر ولم يكن ذلك الاكتشاف مفاجأة لهم . فالقمر إلى جانب عكسه لأشعة الشمس ، يسخن سطحه نتيجة لامتصاصه هذه الأشعة ولكنه لا يصل إلى درجة التوهج التي ينتج عنها إشعاعات ذاتية مرئية . والسخونة الطفيفة التي تلحق به تبعث موجات طفيفة واقعة في منطقة دون الحمراء ما بين ٧ ، ٨ ميكرون « ٧ × ١٠^-٤ ، ٨ × ١٠^-٤ سنتيمتر » بالإضافة إلى موجات أخرى أطول من ذلك « لاسلكية » .

ولما أجريت الدراسات أولا على الأشعة دون الحمراء لقياس درجة حرارة السطح ، تبين أنها تختلف ما بين نهار القمر وليله فتبلغ خلال النهار القمري « الذي يستغرق أسبوعين تضيء الشمس خلالهما أحد نصفيه بصفة مستمرة » حوالي ١٣٠ درجة مئوية بينما تنخفض أثناء الليل « الذي يستغرق أسبوعين آخرين » إلى ١٥٠ درجة تحت الصفر المئوي ، أي بفارق قدره ٢٨٠ درجة بين الليل والنهار .

ومن ناحية أخرى حين بحثت الموجات اللاسلكية لغرض قياس درجات الحرارة ، لم نجد ذلك الفرق الكبير في الحرارة

بين ليل القمر ونهاره . ففي حالة الموجة التي طولها ½١ سنتيمتر كانت حرارة النهار ٣٠ درجة فوق الصفر وحرارة الليل ٧٥ درجة تحت الصفر أي بفارق قدره ١٠٥ درجات فقط بين الليل والنهار ، بينما الموجة التي طولها ٣ سنتيمتر لا تعطي فارقا يذكر في درجات الحرارة بل هي تكاد تكون ثابتة طوال الشهر القمري .

ويمكن تفسير هذه النتائج الغريبة التي توصلنا إليها الموجات اللاسلكية إذا علمنا أن العالم السوفييتي ڤيسنكوف أعلن — قبل اكتشاف موجات القمر اللاسلكية — أن سطح القمر موصل ردىء للحرارة . وقد بنى استنتاجاته هذه على أرصاده لخسوف القمر حين تلقى الأرض عليه ظلها فتحجب عنه ضوء الشمس بضع دقائق ، ففي هذه الدقائق القليلة تنخفض درجة حرارة السطح انخفاضا كبيرا . ولو كانت طبقات القمر توصل الحرارة جيدا لنقلتها سريعا من داخل القمر إلى سطحه خلال تلك الفترة ولما انخفضت حرارة السطح هذا الانخفاض الكبير . وحسب فيسنكوف درجة التوصيل الحراري لأرض القمر فوجدها تقل ألف مرة عن مثيلاتها في الجرانيت والبازلت .

والسبب في رداءة التوصيل عند السطح يرجع إلى تكون

طبقه رقيقة من مواد الشهب والنيازك . فى الفضاء تسير قطع صغيرة من الحجارة والصخور بسرعة هائلة ويندفع منها عدد كبير نحو الأرض ولكن الاحتكاك الشديد الناشىء بينها وبين الغلاف الجوى للأرض يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارتها حتى الإشتعال فتبدو كسهم يضىء لبضع ثوان ثم يختفى « يطلق عليه الناس إسم النجم ذو الذيل » . فإذا كانت القطعة صغيرة تحولت بأ كملها إلى أبخرة ورماد وأطلق عليها اسم شهاب ، أما إذا كانت كبيرة بقى منها جزء سليم يصل إلى الأرض ويرتطم بسطحها وذلك يسمى النيزك . ونادرا ما يكون للنيزك آثار مدمرة ، فلم يقع فى التاريخ سوى حادثين من هذا النوع أحدهما فى صحراء أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية والآخر فى صحراء سيبيريا بالاتحاد السوفييتى وتركا آثارا عميقة فى الأرض نتيجة الاصطدام العنيف . وقد ظهر من الحسابات أن الأرض تستقبل يوميا مئات الأطنان من هذه المواد يتناثر الجزء الأكبر منها فى الغلاف الجوى .

ولما كان القمر لا يحتوى على غلاف جوى ، فقد وصلت هذه المواد إلى سطحه وأخذت تتراكم عبر آلاف السنين مكونة طبقة محسوسة السمك تغطى السطح الأصلى للقمر وتعمل كعازل

للحرارة ما بين طبقات القمر وبين الفضاء الخارجى . فإذا ما سقطت أشعة الشمس على القمر طوال أسبوعين نتج عنها سخونة السطح الخارجى الملامس للفضاء ثم لا يلبث أن يصبح ذلك السطح شديد البرودة إذا ما غربت الشمس عنه . والأشعة دون الحمراء هى التى تنبعث من ذلك السطح فتبين الاختلاف الكبير فى درجات حرارة الليل والنهار ، بينما الموجات اللاسلكية تنبعث من الطبقات التى تحت السطح وهذه لا تفقد كثيرا من حرارتها فيبدو الفرق صغيرا وكلما زاد عمق الطبقة الآتية منها الموجة قلّ الفرق حتى يكاد يتلاشى . والموجة التى طولها ١¼ سنتيمتر تنبعث من عمق ٤٠ سنتيمترا تحت السطح بينما الموجة ٣ سنتيمترات تأتى من طبقة أعمق من هذه .

والحال فى الكواكب شبيه بالقمر ، إذ أمكن استقبال موجات لاسلكية من بعضها وإن كانت شديدة الضعف بسبب بعدها الكبير وصغر قرصها كما يبدو لنا .

* * *

ذكرنا فى بداية هذا الباب أن هناك نوعين من دراسة الأمواج اللاسلكية — نوع يسمى الفلك اللاسلكى والآخر

الفلك الرادارى . وقد تحدثنا بما فيه الكفاية عن الفلك اللاسلكى وسنشير الآن سريعا إلى فلك الرادار .

وفلك الرادار — كما يتضح من إسمه — لا يعتمد على استقبال موجة لاسلكية يبعث بها الجسم السماوى إلى الأرض ، بل يقوم الجهاز نفسه بإرسال موجة إلى الجسم لتصطدم به ثم ترتد ثانية إلى الأرض حيث يتلقفها جهاز الاستقبال . ويستخدم الرادار فى قياس أبعاد الأجرام السماوية القريبة مثل القمر وذلك من معرفة الزمن الذى تقطعه الموجة فى الذهاب والإياب ولكنه يعجز أمام الأجرام البعيدة وخاصة ما وراء حدود المجموعة الشمسية بسبب المسافات البعيدة[1] والأحجام الظاهرية الصغيرة « تماما كمن يحاول أن يصيب شخصا بين مجموعة من الأشخاص على مسافة قريبة ومن يحاول أن يصيبه من مسافة بعيدة » .

وقد استخدم العلماء فلك الرادار فى دراسة الشهب ، وقد ذكرنا أن الشهب حين تدخل الغلاف الجوى للأرض فإنها تشتعل نتيجة للاحتكاك الشديد ويخلف مسارها غازا متاينا من خصائصه أنه يعكس الموجات اللاسلكية ، وذلك يساعدنا

(١) اقرب النجوم إلينا خارج حدود المجموعة الشمسية يقع على بعد اربع سنين ضوئية اى يقطع الضوء المسافة بيننا وبينها فى اربع سنوات.

على معرفة مسارات الشهب وآثارها باستخدام فلك الرادار كما تمكننا محطات الرادار الخاصة من قياس بعد الشهاب عنا حين احتراقه وكذلك سرعته وطبيعة الأثر الغازى الذى يتركه .

وتمكننا الأرصاد المنتظمة للشهب عن طريق فلك الرادار من دراسة عدد من الشهب أكبر بكثير مما ندرسه بفلك البصريات والسبب فى ذلك أن الرادار لا يتوقف عمله إذا ساءت الأحوال الجوية كما يمكن استخدامه أثناء النهار فموجاته قادرة على اختراق السحب كما أنه فى استطاعتها دراسة آثار الشهب سواء فى الليل أو فى وضح النهار وذلك بعكس المنظار البصرى الذى يعتمد على ضوء اشتعال الشهاب — وذلك لا يبدو واضحا إلا أثناء الليل وفى غياب السحب . كما أن بعض الشهب قد تكون من الصغر إلى حد أن ضوءها الضعيف لا تراه العين ، وتلك يسهل على الرادار اقتناصها .

ويأمل العلماء أن يتسع أفق استخدام هذه الأجهزة فى القريب العاجل ليشمل بعض النواحى الأخرى مثل البحث عن وجود غلاف غازى رقيق حول القمر . فالثابت من النظريات أن القمر تعرض فى بعض مراحله لانفجارات بركانية — قد يكون بعضها مستمرا حتى اليوم فى صورة مصغرة شبه خاملة —

وهذه البراكين يخرج منها غاز ثانى أكسيد الكربون وهو غاز ثقيل نوعا ما ويمكن للقمر — رغم صغر جاذبيته — أن يحتفظ به أو بجزء منه على الأقل . كما يحتمل وجود غاز الأرجون الثقيل الذى ينتج من التحلل الاشعاعى لعنصر البوتاسيوم ، فإذا أمكن التفرقة بين انعكاس موجات الرادار من السطح الصلب ومن السطح الغازى عند هذه المسافة لعرفنا إن كان للغازات وجود أم لا .

الصواريخ

عندما وجد العلماء أنهم كلما فتحوا نافذة يطلون منها على الكون وجدوها محدودة الرؤية لاتظهر لهم سوى القليل ، قرروا أن يأتوا الكون من أبوابه . وكيف يطرق الإنسان أبواب الكون وهو قابع فى مكانه على سطح الأرض ؟ حتى الرسائل التى بعث بها خلال نافذة الرادار أو التى تلقاها لا سلكيا لم تكشف له عن كل ما يريد معرفته عن الكون .

والطريق الطبيعى لحل هذه المشكلة هو التخلص من الغلاف الجوى للأرض لوقوفه عقبة فى سبيل أبحاثهم ، فهو من ناحية يمتص معظم الموجات الآتية من الأجرام السماوية فيمنعنا من دراستها دراسة كاملة ومن ناحية أخرى يحد من رؤيتنا للاجرام السماوية وتفاصيلها وخاصة ضعيفة الضوء منها حتى ولو استخدمنا أقوى المناظير الفلكية .

ولما كانت الأرض — وسكانها متمسكون بغلافهم الجوى ولايسمحون لكائن من كان بالعبث به وتعريضه للضياع — لم يبق أمام العلماء سوى وسيلة واحدة وهى . . . الانطلاق من هذا

الكوكب إلى أى مكان مناسب آخر حيث يمكنهم استخدام نفس الأجهزة الفلكية بكفاية عالية وطاقة كاملة .

وقد قنع العلماء فى بادئ الأمر بإرسال البالونات إلى طبقات الجو العليا وحملوها بالأجهزة والآلات ولكنها لم تتعد أجهزة الأرصاد الجوية لقياس درجات الحرارة والضغط والرطوبة وغيرها ، وكان أقصى ارتفاع وصلت إليه حوالى عشرين ميلا . ثم بدأ التفكير فى صنع الصواريخ ليتمكنوا من الوصول إلى ارتفاعات أعلى من ذلك بكثير ، وجرت دراسات نظرية عديدة على أنواع الوقود الذى يحسن استخدامه ثم أعقب ذلك بعض التجارب العملية ونجح صنع الصاروخ وإطلاقه فى ألمانيا فى بداية الحرب العالمية الثانية. وعلى إثر ذلك اتجهت أبحاث صنع الصاروخ وجهة حربية عن طريق زيادة حجمه ليستوعب أكبر قدر من المتفجرات وزيادة سرعته كى يصعب اقتناصه وهو فى الجو قبل أن يصل إلى هدفه ، ونجح الألمان فى ذلك قبل نهاية الحرب تحت إشراف العالم الشهير « فون براون » ولما انتهت الحرب عام ١٩٤٥ استولى الجيش الأمريكى على بعض هذه الصواريخ المسماة ف-٢ كما نقلوا « فون براون » وبعض زملائه إلى الولايات المتحدة للعمل فى أبحاث الصواريخ .

وفى يناير عام ١٩٤٦ بدأت مجموعة من علماء الولايات المتحدة تفكر فى استخدام الصواريخ لدراسة طبقات الجو العليا وتحليل الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس والتى لا تصل إلى سطح الأرض ، وبدأ التخطيط للمشروع باستخدام خمسة وعشرين صاروخا أسيرا من طراز ف — ٢ ثم اتسع المشروع عام ١٩٤٩ بعد صنع عدد آخر من الصواريخ يبلغ خمسة وسبعين صاروخا . وقد وضعت معظم الأجهزة العلمية فى رأس الصاروخ بديلا عن المتفجرات التى كان يحملها خلال الحرب ، كما وضعت أجهزة أخرى صغيرة فى حجرات التوجيه وعلى جدار الصاروخ وبين خزانات الوقود وفى قسم الآلات المحركة عند القاعدة .

ويبلغ طول الصاروخ حوالى ستة عشر مترا ، وقطره متران أما وزنه وهو كامل الحمولة أربعة عشر طنا . وكان يستهلك فى الدقيقة الأولى من انطلاقه ما يقرب من عشرة أطنان من الوقود المكون من الكحول والأوكسجين السائل وترتفع درجة حرارة الاحتراق إلى ألفى درجة مئوية أما ضغط الغاز النفاث فيصل إلى حوالى ثمانية وعشرين طنا ! !

وبعد أن ينتهى احتراق كل الوقود ، يظل الصاروخ مندفعا

إلى أعلى بتأثير السرعة التى اكتسبها ثم يقضى معظم وقته قرب أقصى ارتفاع وهو فى مساره الحر . . . فمثلا حين أطلق صاروخ ليصل إلى ارتفاع ١٧٠ كيلو مترا استغرق مساره سبع دقائق ونصف قضى منها أربع دقائق ونصف على ارتفاع يزيد على ٨٠ كيلو مترا . والسيطرة على مسار الصارخ واتجاهه خلال اللحظات الأولى من لحظة انطلاقه حتى يفرغ الوقود، تقوم بها مراوح من الجرافيت تعمل على انحراف تيار دخان الإحتراق وبالتالى يبقى الصاروخ فى مسارة المرسوم . ويطلق الصاروخ عادة فى اتجاه رأسى، ثم تعمل مراوح الجرافيت على إمالته تدريجيا كى يسقط على مسافة معقولة من محطة الانطلاق .

وبعد أن يصل الصاروخ إلى أقصى ارتفاع له ، يبدأ فى السقوط بسرعة تتزايد شيئا فشيئا حتى تصل حوالى كيلو متر فى الثانية . وفى المراحل الأولى من التجارب كان اصطدامه بالأرض يؤدى إلى تدميره تدميرا كاملا ولم يتبق منه سوى شظايا صغيرة يصعب التعرف عليها — وجدت فى حفرات إتساعها ثمانين قدما

وقد اتخذت إجراءات عديدة للمحافظة على الأجهزة العلمية بما سجلته من معلومات .فاحدى الطرق تتطلب وضع متفجرات فى رأس الصاروخ ومعها ساعة زمنية حتى إذا ما انتهت الأجهزة

من عملها وبدأ الصاروخ فى سقوطه السريع حدث الانفجار عند ارتفاع حوالى خمسين كيلومترا فينفصل الصاروخ إلى عدة أجزاء خفيفة الوزن يكون اصطدامها بالأرض أخف بكثير مما لو ترك الصاروخ كاملا . وبهذه الطريقة أمكن استرجاع عدد من آلات التصوير والمطاييف فى حالة سليمة .

وثمة طريقة أخرى استعملت بنجاح فى هذه التجارب ، وهى التسجيل اللاسلكى لنتائج التجارب وخاصة ما يجرى منها على الأشعة الكونية ودرجات الحرارة والضغط الجوى وغيرها. وفى هذه الحالة يقوم الصاروخ بإرسال النتائج أولا بأول إلى محطات أرضية تقوم بتسجيلها فوراً بطريقة آلية . وقد أمكن استخدام ثلاث وعشرين قناة لتسجيل المعلومات فى آن واحد تقوم كل منها بتسجيل معلومات علمية مختلفة عن الأخرى

كما استخدمت أنواع خاصة من المظلات تنطلق من الصاروخ عند ارتفاع ستين كيلومترا حاملة معها الأجهزة وآلات التسجيل لتصل بها إلى الأرض سالمة ، وفى هذه الحالة يمكن استمرار الارصاد أثناء هبوط المظلات ببطء لاستكمال النتائج عن الطبقات السفلى من الغلاف الجوى للأرض .

وعندما تمت هذه المراحل بنجاح ، بدأ العلماء يتطلعون إلى غزوات جديدة تبدأ بزيادة الارتفاع الذى يمكن أن يصل

إليه الصاروخ ثم بخروجه نهائيا من نطاق الغلاف الجوى وما يستلزمه ذلك من زيادة كبيرة فى سرعته إلى جانب التحكم التام فى توجيهه ليتخذ المسار المحدد له مع استخدام الإرسال اللاسلكى لتلقى البيانات العلمية ثم البحث — إذا أمكن — عن أفضل الطرق لإعادته سالما إلى الأرض .

وتعتمد زيادة سرعة الصاروخ اعتمادا كليا على نوع الوقود المستخدم وعلى كيفة أحتراقه ، فالوقود الصلب مثلاً — كالمتفجرات وغيرها — لاتصلح فى هذا المجال لأنه لاينساب بسهولة فى الأنابيب ولا تخرج الغازات المتولدة عنه من الفتحات بسرعة كافيه ، كما أن استعماله يقلل من دقة التحكم فى مسار الصاروخ بسبب عدم انتظام الاحتراق وذلك بالإضافة إلى أن احراق الوقود الصلب يؤدى إلى ضغط فجائى وارتفاع كبير فى الحرارة مما يستلزم معه تقوية جدران الصاروخ على حساب السرعة التى تتطلب وزنا خفيفا . ولهذه الأسباب اتجه العلماء إلى الوقود السائل الذى يعتمد على خليط مكون من الكحول والأوكسجين ، وفى هذه الحالة يوضع كل منهما فى خزان خاص يخرجان منه فى أنابيب منفصلة ليلتقيان فى غرفة الاحتراق . . . كما أن هناك أنواعا أخرى من الوقود السائل لكل منها ميزات ومساوىء ولكن الغرض الرئيسى هو الحصول على أكبر طاقة بأقل التكاليف .

طريق الفضاء

كان نجاح صنع الصواريخ . وإطلاقها ثم تطويرها لزيادة سرعتها حافزا قويا للعلماء أغراهم بتكثيف جهودهم لغزو الفضاء غزوا آليا فى بادىء الأمر ثم غزوا بشريا تمهيدا لتنظيم رحلات إلى الكواكب ثم استثمار خيراتها البكر وإقامة محطات أرصاد عليها أو بجوارها للحصول على صورة كاملة للكون واستجلاء غوامضه .

وبدأت المحاولات بصنع صواريخ متعددة المراحل ، فيثبت فوق الصاروخ الرئيسى بضع صواريخ صغيرة حتى إذا ما استنفد محرك الصاروخ الأول وقوده انفصل آليا كى يفسح المجال أمام محرك الصاروخ الثانى للبدء فى العمل ورفع الكتلة الصغيرة المتبقية مسافة أخرى ، وبذلك أصبحت فكرة إطلاق الأقمار الصناعية حقيقة واقعة ... والقمر الصناعى هو جسم يدور حول الأرض تحت تأثير قوى جاذبيتها كما يحدث للقمر الطبيعى .

ويمكن إطلاق هذا القمر بواسطة صاروخ متعدد المراحل

تكون المرحلة الأولى منه رأسية ، ثم تنحرف المرحلة الثانية بزاوية معينة ويزيد الأنحراف فى المرحلة الثالثة حتى إذا بلغت المطلوب بدأ القمر الصناعى يسير أفقيا ليبدأ اتخاذ مداره حول الأرض . وعلى وجه التقريب يكون مسار القمر قطعا ناقصا « بيضاويا » ثابتا فى الفضاء ويكون مركز الأرض واقعا فى أحدى بؤرتيه . وفى الحقيقة تحدث إقلاقات لهذا المسار فلا يبقى ثابتا فى الفضاء بسبب عدة عوامل منها المقاومة التى يصادفها فى طبقات الجو العليا ، — إذ أن المسار البيضاوى يجعله فى بعض مواقعه بعيدا عن الأرض وغلافها بينما يقترب فى مواضع أخرى ليمر فى طبقات الجو العليا — ومن ناحية أخرى نجد أن قوى الجاذبية الأرضية تختلف فى مقدارها واتجاهها فلا تكون ناحية مركز الأرض نتيجة لعــــدم انتظام توزيع كثافة المواد فى باطن الأرض .

وفى اليوم الرابع من شهر أكتوبر عام ١٩٥٧ أطلق الاتحاد السوفيتى أول قمر صناعى ليدور حول الأرض فى حوالى ساعة ونصف ، ويبتعد عن سطح الأرض فى مساره إلى ٩٤٧ كيلو مترا ثم يقترب فى بعض المواقع إلى مسافة قدرها ٢٢٨ كيلو مترا . ولو أردنا أن نتوخى الدقة فى التعبير لذكرنا أن ما أطلق فى ذلك

اليوم قمران لا قمر واحد ، إذ أن صاروخ المرحلة الأخيرة اتخذ مسارا مستقلا حول الأرض بعد أن انفصل عنه القمر الصناعى بما فيه من أجهزة علمية . وقد بقى هذا الصاروخ فى الفضاء حتى الثالث من شهر ديسمبر وكان فى تلك الفترة يقترب رويدا رويدا من الأرض بسبب المقاومة التى كان يلقاها من الغلاف الجوى حتى أصبحت قوة الاحتكاك كبيرة إلى درجة أدت إلى اشتعاله وسقوطه ... أما القمر نفسه فقد بقى فى الفضاء حتى أول يناير ١٩٥٨ أى ما يقرب من ثلاثة أشهر .

وأعقب إطلاق هذا القمر الذى يزن ٨٣٫٥ كيلو جرامات قمر ثان فى الثالث من نوفمبر ١٩٥٧ ويبلغ وزنه خمسمائة كيلو جرام ... وهو عبارة عن رأس صاروخ يحتوى على عدد كبير من آلات القياس وغرفة خاصة وضع فيها أول كائن حى يدور حول الأرض هو الكلبة « لايكا » ، التى كانت تبتعد عن سطح الأرض إلى ١٦٧٥ كيلو متر وتقترب منه حتى ٢٢٥ كيلو متر . وكان إرسال « لايكا » لتدور حول الأرض خطوة هامة لنجاح إطلاق رواد الفضاء فيما بعد ، فالأجهزة الطبية المحيطة

بها كانت ترسل التقارير المستمرة عن حالتها الصحية لمعرفة احتمالات الحياة فى الفضاء والأخطار التى قد يجابهها الرواد ، ولكن ما فشل فيه العلماء السوفييت فى هذه التجربة هو عجزهم عن إعادتها ثانية إلى الأرض . . . وهكذا استشهدت لتذلل الطريق أمام أول رائد للفضاء وتحيط رحلته بالأمان .

وقبل « لايكا »، أجريت تجارب عديدة لإطلاق الحيوانات إلى طبقات الجو العليا لفترات قصيرة عن طريق الصواريخ . فاستخدمت الولايات المتحدة الأمريكية الجرذان والقرود فى فى تجاربهم بينما استخدم الاتحاد السوفييتى الكلاب فى اختباراتهم وثبت إمكان بقاء الكائنات الحية فى هذه الطبقات لفترات قصيرة دون أن يصيبها أى أذى . ولكن تجربة القمر الصناعى السوفييتى الثانى زادت فى الإرتفاع من خمسمائة كيلو متر إلى ألفى كيلومتر كما أطالت فترة بقاء الكائن الحى فى الفضاء .

وأعقب ذلك إطلاق عدة أقمار صناعية أخرى سواء من جانب الولايات المتحدة الأمريكية أو من جانب الاتحاد السوفيتى

حتى كان ذلك اليوم الخالد فى تاريخ البشرية . . . يوم الأربعاء ١٢ إبريل ١٩٦١ حين أطلق أول رجل فى رحلة فضاء « يورى جاجارين » ليدور حول الأرض مرة واحدة ثم يهبط سالما فى المكان المحدد لذلك

وبين « لايكا » وجاجارين أطلقت عدة سفن فضاء تحمل حيوانات لتدور حول الأرض ففى ١٩ أغسطس عام ١٩٦٠ كانت السفينة تحمل كلبين هما « بلكا » و « ستريكا » وبعد أن دارا ثمانى عشرة مرة عادت بهما سالمة إلى بقعة تبعد عشرة كيلومترات عن المكان المحدد وبذلك اقترب العلماء من أهدافهم من الناحيتين الآلية والبيولوجية .

وبهذه المناسبة نود أن نستعرض سريعا تصرفات الكلبين خلال رحلتهما المثيرة كما سجلتها عدسة التليفزيون . ففى بادىء الأمر انتابهما شىء من الفزع وأخذا ينصتان إلى الأصوات الغريبة عند بدء الإنطلاق ثم أخذا ينطلقان هنا وهناك للبحث عن مخرج لهما ولكن ازدياد قوة الجاذبية فى الثوانى الأولى سمرها فى مكانهما لا يستطيعان حراكا سوى محاولات يائسة

يدفعان الأرض فيها بمخالبهما للتخلص من قبضة الجاذبية العالية . وانقلب الحال من النقيض إلى النقيض حين اتخذت السفينة مسارها حول الأرض وتلاشت الجاذبية فيها فتعلق الكلبان فى الهواء واستسلما لما يصيبهما وقد تدلى رأساهما ومخالبهما فى الهواء كأنما قدفارقا الحياة . وبالتدريج أخذا يستعيدان الرشد وانطلقت « بلكا » تنبح فى نوبة من الغضب ، وما لبثا أن اعتادا الأمر وبدآ يتناولان الطعام من الإناء الآلى .

وفى أول ديسمبر من نفس العام انطلق كلبان آخران هما « ماشكا » و « بشيولكا » ومعهما بعض الحيوانات والحشرات الأخرى بالإضافة إلى أنواع من النباتات . وقد تلقى العلماء عن طريق أجهزتهم بعض المعلومات القيمة عن هذه الرحلة ، ولكن نجاحها لم يتم . . . إذ فقدوا أثرها لهبوطها إلى الأرض فى مسار غير المرسوم لها . ثم استعاد العلماء ثقتهم بأنفسهم قبل انطلاق « جاجارين » بأسابيع قليلة حين أطلقوا كلبا سادسا « فيودوشكا » إلى الفضاء ثم أعادوها إلى المكان المحدد .

ولن ندخل فى تفاصيل الأبحاث البيولوجية والطبية ولا فى التدريبات العنيفة الطويلة التى تلقاها رواد الفضاء قبل سفرهم بعدة أشهر ، ولكن ما يهمنا — من الناحية الفلكية — هو نجاح هذه الرحلات سواء من جانب الاتحاد السوفييتى أو الولايات المتحدة الأمريكية لأن هذه الخطوات الكبرى هى بداية السفر إلى القمر والكواكب ومعرفة ما يخبئه القدر لنا فيها ، ثم إقامة مراصد فى الكواكب التى لا تحتفظ بغلاف جوى كى يمكننا دراسة الكون دراسة وافية .

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الإيداع بدار الكتب ١٦٨١ / ١٩٨٦

ISBN ٩٧٧ - ٠١ - ٠٨٦٣ - ٤

٢٥ قرشـــا   مطابع الهيئة المصرية

Bibliotheca Alexandrina
04424527